UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1933-1934 — N° 114

RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR LES
CANAUX SEMI-CIRCULAIRES
des Vertébrés

Travail du Laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine
Professeur : F. VILLEMIN

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le 1er Mars 1934

PAR

Jean BEAUVIEUX
Prosecteur
Né à Bordeaux, le 22 Novembre 1907

Examinateurs de la Thèse :
MM. VILLEMIN, professeur .... *Président.*
BÉGOUIN, professeur ....
DUBECQ, agrégé .... *Juges*
DUFOUR, agrégé ....

BORDEAUX
IMPRIMERIE BRUSAU FRÈRES
143, Rue d'Arès

1934

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1933-1934 — N° 114

RECHERCHES ANATOMIQUES
SUR LES
CANAUX SEMI-CIRCULAIRES
des Vertébrés

Travail du Laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine
Professeur : F. VILLEMIN

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le 1er Mars 1934

PAR

Jean BEAUVIEUX
Prosecteur
Né à Bordeaux, le 22 Novembre 1907

Examinateurs de la Thèse :

MM. VILLEMIN, professeur .... *Président.*
BÉGOUIN, professeur ..... *Juges*
DUBECQ, agrégé ..... *Juges*
DUFOUR, agrégé ..... *Juges*

BORDEAUX
IMPRIMERIE BRUSAU FRÈRES
143, Rue d'Arès

1934

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M SIGALAS..... Doyen

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, W. DUBREUILH, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS. AUCHÉ. SELLIER.

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique médicale	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie	MANDOUL
id.	CASSAET.	Médecine expérimentale	DUPÉRIÉ.
Clinique chirurgicale	CHAVANNAZ.	Clinique ophtalmologique	TEULIÈRES
id	BÉGOUIN.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie.	ROCHER.
Pathologie et thérapeutiques générales.	CARLES.	Clinique gynécologique	GUYOT.
Clinique d'accouchements	ANDÉRODIAS.	Clinique méd. des maladies des enfants	CRUCHET.
Anatomie pathol. et microscopie clinique.	SABRAZÈS.	Chimie biologique et médicale	DELAUNAY
Anatomie	VILLEMIN.	Physique médicale et pharmaceutique	SIGALAS.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques.	BONNIN.
Physiologie	PACHON	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Hygiène	LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires.	DUVERGEY
Médecine légale et déontologie	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales.	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN
Chimie	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT.
Botanique et matière médicale	BEILLE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie.	CREYX.
Pharmacie	DUPOUY.	Clinique dentaire	CAVALIE.

MM. MURATET (Anatomie pathologique) ; GOLSE (Pharmacie) ; LACOSTE (Histologie) ; PÉRY (Obstétrique) ; PERRENS (Maladies mentales).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie	DUBECQ.	Chirurgie générale	PAPIN.
id.	DUFOUR.	id	JEANNENEY.
Physiologie	FABRE.	id.	CHARRIER.
Parasitologie et sciences naturelles	R. SIGALAS	id.	LOUBAT.
Médecine générale	N.	Obstétrique	RIVIÈRE.
id.	AUBERTIN.		
id.	DAMADE.	Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
id.	PIÉCHAUD.	Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
id.	DELMAS-MARSALET.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie	VITTE.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Médecine opératoire	PAPIN.	Puériculture	FAUGÈRE.
Physiologie	FABRE.	Démonstrations et préparations pharmac.	GOLSE.
Accouchements	PÉRY.	Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.

Ophtalmologie ..... MM. { CABANNES (en congé). N.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. GOURDON.
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et rééducation professionnelle .....

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A CEUX QUI ONT VEILLE SUR MOI

ET M'ONT AIME

A Monsieur le Professeur agrégé DUFOUR

Chef des Travaux anatomiques,
Chirurgien des Hôpitaux,
Croix de Guerre.

En souvenir des bonnes heures passées ensemble au Laboratoire, et d'un autre matin, moins gai, à Bagatelle...

A Monsieur le Professeur F. VILLEMIN

Professeur d'Anatomie,
Croix de Guerre,
Officier de l'Ordre de Sainte-Anne de Russie,
Officier de l'Instruction Publique.

Mon cher Maître,

Je vous dois tout, puisque depuis le soir où vous m'avez recueilli, vous avez été mon seul guide, dans la science et dans la vie. On ne s'acquitte pas de ces choses là. Je tiens à dire seulement, que quel que soit l'avenir, on me trouvera toujours à vos côtés.

INTRODUCTION

La connaissance des canaux semi-circulaires date, d'après Portal, d'Ingrassias, mais leur description chez l'Homme, souvent faussée par la préoccupation d'adapter leur morphologie aux hypothèses fonctionnelles des auteurs, a été orientée, depuis un certain nombre d'années, dans un sens topographique, en vue d'applications chirurgicales.

Chez les autres Vertébrés, ils furent rarement étudiés, et si Breschet fut le premier à réaliser un travail d'ensemble, ses recherches concernaient toute l'oreille, et les canaux semi-circulaires n'y tiennent qu'une place secondaire.

Les auteurs ont souvent observé, que ce soient Breschet, Geoffroy, Cuvier ou Milne Edwards, que les canaux semi-circulaires se présentent sous des aspects différents suivant les espèces de Vertébrés, mais ces analyses, souvent minutieuses dans les détails, n'ont jamais été suivies d'une synthèse où les faits morphologiques auraient été groupés, confrontés et sans doute expliqués.

Il est, en effet, bien évident « que l'anatomie comparée « semble en prendre à son aise avec les coordonnées rectan- « gulaires de l'espace » telles que les concevait De Cyon, et qui, malheureusement, obscurcissent encore trop les des-

criptions classiques; « en réalité les canaux sont adaptés « à la perception des principaux mouvements de l'animal. « Ce dispositif affecte donc une distribution organique propre « à chaque mode de progression et de mouvement de la tête, « et non à une description géométrique, ainsi varient-ils avec « chaque espèce. » (1).

Il faut tenir compte, en effet, que cet appareil assume la même fonction chez tous les Vertébrés, c'est-à-dire chez les êtres les plus divers comme mode d'existence, comme milieu vital, par conséquent comme conditions de statique, — et que, d'autre part, certains Vertébrés sont placés dans des conditions de vie identiques bien qu'ils appartiennent à des classes différentes.

Sans vouloir tirer des déductions de la disposition générale des canaux et des conditions de vie des individus, nous avons néanmoins été guidés dans nos recherches par cette notion fondamentale.

Dans une première partie, nous nous sommes consacrés à l'étude descriptive des canaux semi-circulaires et de leurs ampoules chez tous les Vertébrés : Poissons, Batraciens, Reptiles, Oiseaux et Mammifères, y compris l'Homme. Dans cette partie, nous décrivons la morphologie des canaux et ses modifications suivant les espèces (variations dans la forme, les dimensions, les rapports), ainsi que la topographie des canaux et de leurs ampoules.

Dans la seconde partie, nous avons fait la synthèse des données recueillies. Nous avons confronté les faits anatomiques mis en évidence dans la première partie, classé les variations de ces faits et groupé celles de ces variations susceptibles de mettre en lumière la loi d'évolution dont elles procèdent. Puis nous avons étendu cette loi à l'étude de la craniologie humaine.

---

(1) Bonnier. *Le sens des attitudes.* Paris, 1904.

Pour ces recherches, en dehors des études habituelles de l'anatomie macroscopique (dissections, décalcifications, radiographie), nous avons utilisé des mensurations, aux résultats si féconds, comme l'a montré notre maître, M. le Professeur Villemin, lorsqu'il s'agit d'étudier des types morphologiques différents.

Recherches anatomiques sur les Canaux semi-circulaires des Vertébrés

PREMIÈRE PARTIE

ETUDE DESCRIPTIVE

I

LES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES DES POISSONS

Les canaux semi-circulaires des Poissons furent, d'après Portal, observés, au XVIII[e] siècle. Camper semble avoir été le premier anatomiste qui ait publié, avec sa communication à l'Académie des Sciences, en 1774, une étude de la question, mais, en réalité, si le travail de Geoffroy, « Dissertations sur l'Organe de l'Ouïe des Poissons, des Reptiles et de l'Homme », date de 1778, c'est que l'Académie avait égaré le mémoire et les planches qu'il lui avait communiqués dès 1753.

Geoffroy s'est surtout préoccupé de montrer que les Poissons entendent et de retrouver chez eux des formations anatomiques semblables à celles de l'oreille humaine. Il insiste surtout sur les pierres qu'on trouve dans l'oreille des poissons, et voit dans ces pierres les homologues des osselets de l'oreille moyenne, mais il signale aussi les canaux semi-circulaires; il précise pour certaines espèces leur forme, leurs dimensions; il remar-

que qu'elles sont variables, mais il ne tire de ses observations aucune idée générale.

Dans les « Leçons d'Anatomie comparée » de Cuvier, on trouve notées également (tome II, page 454) les variations que présentent les canaux semi-circulaires chez les différentes espèces de Poissons; mais la première description typique appartient à Hunter, avec sa « Contribution à l'organe de l'Ouïe chez les Poissons », qu'il publia en 1782, dans les « Philosophical Transactions ».

La meilleure étude est celle que fit Breschet, en 1833, dans son volumineux mémoire à l'Académie, sur l'Organe de l'Ouïe des Poissons.

Pour Breschet, l'essentiel de l'oreille des Poissons est représenté par un sac et trois canaux semi-circulaires.

Les dimensions du sac sont très variables suivant les espèces; il est logé dans une cavité osseuse dont la partie externe est amincie, et si transparente que certains auteurs ont cru y reconnaître une fenêtre ronde.

A la partie postérieure du sac se trouve parfois appendu un petit sac où l'on a voulu voir, malgré sa situation postérieure, une lagena ou ébauche de cochlée. Etant donné que, chez certains Poissons, il existe entre l'oreille et la vessie natatoire une chaîne d'osselets articulés entre eux, (Weber) Breschet incline à penser que ce petit appendice doit représenter l'ébauche du sac endolymphatique des Vertébrés supérieurs (1). Cet appendice existe encore chez le Hareng, où les connexions avec la vessie natatoire sont tout à fait différentes, et on ne le retrouve plus, très modifié, d'ailleurs, que chez *Esox Lucius*.

(1) Portmann a cherché à retrouver dans le labyrinthe des poissons une disposition qui serait l'homologue du sac endo-lymphatique. Owen a déjà signalé, après Weber, une fusion des deux labyrinthes et une connexion entre le cul-de-sac ainsi formé et la vessie natatoire. Cette disposition n'est pas constante. On la trouve chez certains poissons physostomes, et tous les Téléostéens qu'a étudiés Portmann sont d'ailleurs des cyprinidés. Quant aux autres Téléostéens, nous n'avons jamais trouvé chez eux la disposition que Portmann a décrite dans sa communication à la Société de Biologie, en 1921, sous le titre « Recherches sur le sac et le canal endolymphatiques. Organe lymphatique de quelques Téléostéens ».

Notons enfin que Scarpa, s'appuyant sur le fait qu'une injection de mercure poussée dans ce petit appendice ou « cysticule » passe dans le labyrinthe, a voulu y voir l'ébauche ou la trace d'un quatrième canal semi-circulaire. En réalité, Breschet a toujours trouvé trois canaux semi-circulaires, et il les décrit de la façon suivante :

Des trois canaux, deux sont verticaux; un est antérieur et l'autre est postérieur; ils sont dirigés obliquement, l'antérieur d'arrière en avant, et le postérieur d'avant en arrière, et tous deux de dedans en dehors. L'extrémité antérieure du

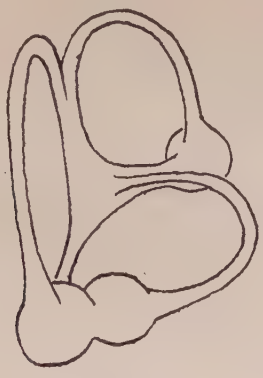


Fig. 1
POISSONS
Constitution générale

canal antérieur et l'extrémité postérieure de canal postérieur sont renflées en ampoules. Ces deux canaux se dirigent l'un vers l'autre et se rejoignent en formant un angle droit. Ils se fusionnent avant de se jeter dans l' « alveus communis ».

« Cet alveus communis ou sinus médian est une membrane « qui s'étend depuis le sommet jusqu'à la base du crâne, c'est-« à-dire depuis la réunion des canaux semi-circulaires supé-« rieur et postérieur avec lesquels il se continue. C'est un « canal aplati, étroit supérieurement et élargi inférieurement. « Sa partie inférieure offre trois cornes : une antérieure qui

« est la plus longue est en rapport avec les deux ampoules « antérieures. La corne postérieure qui est la plus courte se « continue par l'ampoule postérieure. La corne moyenne se « continue avec le saccule. Elle constitue une sorte de rétré- « cissement entre le vestibule et le saccule. (Page 630, Bres- chet. — loc. cit.) » Le troisième canal est, selon Breschet, horizontal. Son extrémité antérieure est renflée en ampoule et elle est en rapport avec l'ampoule du canal semi-circulaire supérieur. Son extrémité postérieure va s'ouvrir dans la corne postérieure du sinus médian.

Nous pouvons constater que les auteurs ont bien décrit, dans ses grandes lignes, du moins, la constitution générale des canaux semi-circulaires, mais s'ils ont scrupuleusement noté des différences de détail, jamais ils n'ont groupé les faits pour tâcher de les systématiser.

C'est au contraire ce que nous avons cherché.

Nous avons disséqué 20 espèces de poissons, sans tenir compte de leur classification zoologique qui est basée sur des facteurs purement conventionnels, comme la forme et la nature des nageoires. Ce sont :

Labrax lupus, Tinca vulgaris, Mugil Capito, Cyprinus auratus, Trigla cuculus, Clupéa harengus, Atturius bearnensis, Alosa vulgaris, Clupea sardina, Perca fluviatilis, Gadus merlangus, Gadus merluccus, Pleuronectes Solea, Raia, Pleuronectes rhombus, Murena anguilla, Esox lucius, Trachinus draco, Scorpaena Porcus, Orthagoriscus mola.

Parmi les poissons que nous avons examinés, beaucoup présentent des caractères à peu près semblables; c'est pourquoi nous ne les décrirons pas tous. Nous avons choisi les espèces où les différents caractères sont le mieux indiqués et nous les avons groupées dans notre description de façon à réaliser en quelque manière une sorte de gradation qui permette mieux de suivre les variations morphologiques.

CHRYSOPHRYS AURATA

(Dorade)

Téléostéen. — Sous ordre des Acanthoptérygiens : Cyprinus auratus (Linné).

Chez *Chrysophrys aurata*, les canaux semi-circulaires sont au nombre de trois pour chaque labyrinthe, et ceux-ci sont disposés symétriquement de part et d'autre de l'axe nerveux.

Deux des canaux sont verticaux : le canal antérieur est dirigé d'arrière en avant et de dedans en dehors ; le canal postérieur est dirigé d'avant en arrière et également de dedans en dehors. Le troisième canal est placé horizontalement, et il est externe par rapport aux autres.

Le canal antérieur et le canal externe ne mesurent que 12 millimètres. L'extrémité nasale des canaux antérieur et externe est renflée en ampoule ; l'ampoule du canal postérieur se trouve placée à son extrémité caudale.

Les deux canaux verticaux se fusionnent par leur extrémité dépourvue d'ampoule : il en résulte une branche verticale que nous appellerons : branche commune aux canaux verticaux ou plus simplement branche commune. Cette branche a une longueur de 8 millimètres. A sa partie inférieure, cette branche se renfle en un sac assez volumineux d'où naissent deux branches horizontales qui suivent une direction semblable à celle que suivent les canaux : c'est-à-dire que tandis que l'une se dirige de dedans en dehors et d'arrière en avant, l'autre se dirige de dedans en dehors également, mais d'avant en arrière. L'une et l'autre vont rejoindre l'extrémité ampullaire du canal semi-circulaire correspondant. Ces branches, qui correspondent à ce que Breschet appelait : cornes, mesurent : la branche antérieure 3 mm. 5 ; la branche postérieure : 2 mm. 5, ce qui montre à quel point les canaux verticaux sont cintrés.

L'ampoule du canal semi-circulaire horizontal est située immédiatement en arrière et en dehors de celle du canal vertical antérieur. De là, le canal horizontal décrit une courbe assez prononcée, dont le rayon mesure 3 mm 5 environ. L'extrémité postérieure du canal externe vient s'ouvrir dans le renflement situé à la base de la branche commune aux deux canaux verticaux.

Les deux canaux verticaux sont placés perpendiculairement au canal horizontal. D'un autre côté, les deux canaux verticaux postérieurs sont également perpendiculaires. Le canal antérieur et celui du canal postérieur d'un même côté déterminent également un angle ouvert en dehors et qui est droit à peu de chose près. Il semble donc que le plan de l'un des canaux verticaux antérieurs prolonge le plan du canal postérieur de l'autre côté, et qu'on se trouve en présence d'un couplage, tel que l'a défini Yves Delage.

Les canaux semi-circulaires et leurs ampoules affectent des rapports étroits avec la masse cérébrale encéphalique : Les deux branches communes se trouvent situées sur un plan frontal tangent à la face postérieure du cervelet. Quant aux ampoules des canaux verticaux et externes, il semble qu'elles sont situées de part et d'autre d'une ligne qui passerait par le sillon inter bijumo-cérébelleux.

Chez *Chrysophrys aurata*, la masse encéphalique est ramassée. La largeur maxima au niveau des tubercules bijumeaux est de 11 millimètres, alors que la longueur mesurée depuis l'extrémité antérieure des tubercules bijumeaux jusqu'à l'extrémité postérieure du cervelet est de 9 millimètrs.

D'autre part, on peut constater que le canal semi-circulaire externe constitue la limite inférieure de l'ensemble des canaux et de leurs ampoules. En effet les canaux verticaux se terminent à son niveau, et le plan que constituent les trois ampoules d'un même côté coïncide avec le plan du canal externe et il est horizontal. Il s'ensuit qu'il détermine avec le plan du trou occipital qui est placé frontalement un angle très voisin de l'angle droit.

TINCA VULGARIS (Cuv.)

(Tanche)

Familles des Cyprinidés

Téléostéen. — Physostome. Vessie natatoire en connexion avec l'oreille par les osselets de Weber.

La disposition générale est exactement la même que celle de Chrysophrys aurata. Les différences portent sur les dimensions respectives des éléments anatomiques.

Le canal vertical antérieur mesure 16 millimètres, le canal vertical postérieur 14 millimètres, et le canal externe 10 millimètres.

La branche commune aux deux canaux verticaux mesure 6 millimètres et ces deux branches de bifurcation horizontales mesurent : la branche antérieure : 2 mm. 5, la branche postérieure 2 millimètres. Le rayon de courbure des trois canaux est très court, et ils sont bien cintrés, surtout le canal horizontal qui décrit plus d'un demi-cercle. Il s'ouvre à son extrémité postérieure à la base de la branche commune qui présente un renflement. Les deux canaux postérieurs se croisent à angle droit, du moins leurs plans, car les canaux eux-mêmes sont contournés et dessinent en vue cavalière assez bien l'image de deux clavicules. Les plans des canaux verticaux d'un même côté se rencontrent également suivant un angle sensiblement droit. Enfin les rapports avec la masse encéphalique sont les mêmes : les ampoules antérieures affleurent le bord postérieur des tubercules bijumeaux, et la branche commune se trouve située à la face postérieure du cervelet.

La masse encéphalique se présente sous l'aspect suivant : elle paraît essentiellement composée de quatre ganglions placés symétriquement : deux sur la ligne médiane, dans le sens

antéro-postérieur, et deux placés latéralement de part et d'autre de la ligne médiane. La largeur de la masse encéphalique, mesurée comme chez Chrysophris aurata est de 12 millimètres. La longueur est également 12 millimètres.

TRACHINUS DRACO (Lin.)

(Vive)

C'est également un type cérébral large que nous trouvons chez *Trachinus draco* où la masse encéphalique mesure 5 millimètres dans le sens antéro-postérieur contre 7 millimètres dans le sens transversal. Le type général est toujours le même. Le canal antérieur meure 13 millimètres, le canal postérieur 12 millimètres et le canal externe 7 millimètres.

La branche commune aux deux canaux verticaux mesure 4 millimètres, et ses branches de bifurcation horizontales mesurent, la branche antérieure 4 millimètres et la branche postérieure 2 mm. 5. Le rayon de courbure du canal antérieur est plus long, et la courbe du canal est moins bien dessinée.

Les angles déterminés par les plans des différents canaux sont très voisins de l'angle droit.

CENTROPOME LOUP. — LABRAX LUPUS (Cuv.)

(Loubine)

Téléostéen. — Acanthoptérygien

Le même aspect se retrouve chez *Labrax Lupus*.

La masse encéphalique est ramassée, sensiblement aussi large que longue (8 millimètres) environ. Les canaux mesu-

rent : le canal vertical antérieur, 13 mm. 5, le canal postérieur 12 mm. 5 et le canal externe 10 millimètres. La branche commune mesure 6 millimètres, et ses branches de bifurcation horizontales : l'antérieure 4 millimètres et la postérieure 3 millimètres environ. Les canaux sont bien dessinés et leur courbure bien cintrée.

Le canal externe décrit une demi-circonférence et vient s'ouvrir à son extrémité postérieure à la base de la branche commune qui ne présente pas chez *Labrax Lupus* de renflement appréciable. Les plans des différents canaux occupent les mêmes position par rapport à la masse encéphalique, et se coupent, les postérieurs à angle droit, les verticaux d'un même côté, à peu près à angle droit.

Le plan constitué par les ampoules se confond avec le plan du canal externe, et croise le plan du trou occipital en déterminant avec lui un angle droit.

SCORPAENA PORCUS

(Rascasse)

Téléostéen. — Acanthoptérygien

Les trois canaux décrivent chez *Scorpaena Porcus* une courbure très marquée : en effet, alors qu'ils mesurent respectivement l'antérieur 12 millimètres, le postérieur 11 millimètres, et l'horizontal 9 millimètres, leur rayon de courbure est voisin de 4 millimètres pour les verticaux et de 3 millimètres pour le canal externe. Le canal externe notamment, décrit les trois quarts d'un cercle avant de venir s'ouvrir à la base de la branche commune aux canaux verticaux. Les rapports que présentent les canaux sont identiques à ceux des canaux des poissons que nous avons décrit jusqu'à présent. Les angles que déterminent l'intersection de leurs plans sont très voisins de l'angle

droit ; la masse cérébrale est toujours constituée suivant un type trapu, dans lequel les dimensions antéro-postérieures sont sensiblement égales aux dimensions tranversales.

Notons enfin que la disposition des ampoules par rapport au plan du canal horizontal et au plan du trou occipital ne se sont pas modifiées chez Scorpaena Porcus.

Les dispositions que nous venons de décrire chez un certain nombre de poissons peuvent, à quelques détails près, notamment en ce qui concerne la topographie des parties constituantes de la masse encéphalique, être retrouvées chez beaucoup d'autres, tels que : Cyprinus Carpio, Perca fluvialis, Esox lucius, Atturius bearnensis, Scomber Scombrus, Mugil capito, Trigla cuculus, Alosa vulgaris, etc... qui appartiennent au mêmes ordres ou à des ordres ou sous-ordres voisins (1). C'est une disposition presqu'analogue que présentent également des poissons dont la forme est tout à fait différente :

ORTHAGORISCUS MOLA

(Plectognathe gymnodonte)

Ce poisson est extrêmement aplati dans le sens antéro-postérieur. C'est ainsi que sa tête mesure d'avant en arrière 23 millimètres, et 8 millimètres seulement dans le sens transversal. Toutefois contrairement à ce qui se passe chez les poissons Pleuronectes, il est symétrique, c'est-à-dire qu'il n'a subi aucune déformation ou migration unilatérale d'un organe. L'ensemble de sa masse encéphalique ne présente pas un développement comparable à celui du crâne, car la distance mesurée entre le bord antérieur des tubercules bijumeaux et le bord postérieur du cervelet mesure 5 millimètres exactement comme

(1) C'est cette disposition qu'on trouve chez Raia où la constitution du labyrinthe est un peu particulière.

la distance transversale mesurée au niveau de la plus grande largeur des tubercules bijumeaux.

Le vestibule est petit. Les canaux mesurent : le canal antérieur 10 mm. 5 ; le postérieur 10 millimètres, et l'horizontal 6 millimètres. Leur rayon de courbure est très court : d'ailleurs la branche commune mesure 4 millimètres, et ses branches de bifurcation horizontales mesurent respectivement, la branche antérieure 3 millimètres et la postérieure 2 millimètres, ce qui montre à quel point le système est développé dans le sens de la hauteur.

Le canal externe décrit un cercle presque complet. Son extrémité postérieure vient s'ouvrir, comme précédemment, à la partie inférieure de la branche commune.

Les rapports que présentent les canaux ou leurs ampoules, soit avec le système nerveux, soit avec le plan du trou occipital sont les mêmes, et les angles que les plans des canaux déterminent entre eux sont tous voisins de 90 degrés.

Les pleuronectes présentent la même forme anatomique, avec toutefois cette particularité que leurs deux faces ne sont pas symétriques. L'une d'elles s'est modifiée de façon à pouvoir représenter une face ventrale, tandis que l'œil qui lui correspond passait sur l'autre face. Cette asymétrie ne semble pas avoir eu d'influence sur la position du labyrinthe en général et des canaux semi-circulaires en particulier.

« Ils sont en effet, disait Geoffroy (1) simples, assez égaux « représentant par leur position régulière trois demi-cercles « construits chacun sur un des côtés d'un triangle presque « équilatéral. Par cette construction, on voit que les extrémi- « tés de ces canaux doivent se rencontrer et s'ouvrir deux à « deux dans la cavité commune. Celle-ci est comme divisée en

(1) Geoffroy. *Dissertation sur l'organe de l'ouïe de l'homme, des reptiles et des poissons (la limande).*

« trois branches, qui, recevant chacune deux extrémités des « canaux, vont se joindre au centre de tout cet organe. »

Une telle symétrie est un peu excessive. Il est exact que les canaux verticaux soient sensiblement égaux, mais le canal externe est nettement plus petit.

PLEURONECTES RHOMBUS (Linné)

(Carrelet)

Téléostéen. — Anacanthinien

Chez Pleuronectes Rhombus en effet, le canal vertical supérieur mesure 20 mm. 5 et le canal postérieur 20 millimètres. Mais le canal horizontal mesure 16 millimètres seulement, ce qui est bien conforme aux observations que nous avons faites chez les autres Poissons. Toutefois, si l'on compare les dimensions de la tête, on est frappé du développement considérable des canaux. En effet, la distance mesurée depuis le bord antérieur de l'orbite en avant, jusqu'au plan frontal que forme en arrière le trou occipital donne 40 millimètres, c'est-à-dire à peine le double de la longueur du canal antérieur. Les canaux sont bien dessinés, surtout le canal externe qui décrit exactement un demi-cercle. La branche commune est relativement haute : 6 mm. 5, et les canaux verticaux sont très élevés, d'autant plus que les branches de bifurcation horizontales de la branche commune mesurent à peine 5 millimètres. Le canal externe présente une modification dans son mode d'abouchement postérieur. C'est dans l'ampoule du canal postérieur elle-même qu'il vient s'ouvrir, à 5 millimètres de la base de la branche commune aux canaux verticaux.

Par ailleurs, les rapports que présentent les canaux et leurs ampoules avec la masse encéphalique ne sont pas modifiés. Le

système constitué par les tubercules bi-jumeaux et le cervelet possède le type que nous avons rencontré chez tous les Poissons précédents : Sa longueur est égale à sa largeur. D'autre part, les angles déterminés par la rencontre des plans des différents canaux semi-circulaires sont des angles droits. On peut donc admettre que l'un des canaux antérieurs se trouve situé dans le même plan que le canal postérieur du côté opposé et qu'ainsi se trouve réalisé un véritable couplage.

PLEURONECTES SOLEA (Linné, Cuvier)

(Sole)

Téleostéen anacanthinien

Nous avons retrouvé une disposition identique chez Pleuronectes Solea. Les deux canaux verticaux sont égaux et presque semblables étant donné que leur rayon de courbure est sensiblement le même et que les deux branches de bifurcation horizontales de la branche commune ont la même longueur : 2 millimètres. La branche commune est très haute relativement : 4 millimètres. Tout le système semble étiré dans le sens de la hauteur, et le canal externe est nettement le plus petit : 3 mm. 5. Bien que la tête soit très aplatie (18 millimètres de long et 4 millimètres de large) l'ensemble nerveux que constituent le cervelet et les tubercules bijumeaux n'est pas modifié Sa largeur est égale à sa longueur, et nous retrouvons chez Pleuronectes Solea, les rapports que nous avons signalés chez Pleuronectes Rhombus et qui existent également chez Pleuronectes Limanda

GADUS MERLANGUS (Linné, Cuvier, Lacépède)
(Merlus)

Téleostéen Anacanthinien

Gadus Merlangus possède un saccule énorme qui ne mesure pas moins de 32 millimètres de long, alors que la longueur du crâne mesurée du bord antérieur de l'orbite en avant au trou occipital en arrière est de 50 millimètres.

Les trois canaux semi-circulaires sont inégaux. Le canal antérieur mesure 28 millimètres ; le canal postérieur 26 millimètres, et le canal horizontal 22 millimètres.

Le canal externe apparaît plus développé que chez les autres Poissons que nous avons étudiés, et les canaux présentent d'ailleurs une disposition différente dans leur courbure et dans leur orientation.

La branche commune aux canaux verticaux mesure 8 millimètres, et ses branches de bifurcation horizontales mesurent : l'antérieure 13 millimètres, la postérieure 12 millimètres. On voit par ces chiffres que le système semble étiré dans le sens antéro-postérieur. Le canal vertical antérieur décrit d'ailleurs une courbe très allongée. Il en est de même pour le canal externe dont le rayon est très long : 12 millimètres. Les angles déterminés par l'entrecroisement des plans des canaux ont une valeur également différente. C'est ainsi que l'angle formé par les plans des deux canaux postérieur est toujours voisin de l'angle droit. Par contre, l'angle formé par les plans des canaux verticaux d'un même côté est nettement obtus et mesure 120 degrés environ. Il en résulte une modification profonde dans l'orientation des canaux.

Le canal externe s'abouche dans la branche de bifurcation horizontale postérieure, immédiatement au contact de l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur.

La masse encéphalique est surtout constituée par le cervelet et par les tubercules bi-jumeaux. Ceux-ci sont moins dévelop-

pés de part et d'autre de la ligne médiane. Il s'ensuit que la largeur du système nerveux, mesurée à leur niveau est nettement inférieur (9 millimètres) à sa longueur (14 millimètres) mesurée entre le bord antérieur des tubercules bi-jumeaux et le bord postérieur du cervelet.

Par contre, les rapports ne sont pas modifiés : Les branches communes sont situées de part et d'autre de l'axe sagittal immédiatement en arrière du cervelet, et les ampoules sont placées dans le plan du canal horizontal.

Leur plan croise le plan du trou occipital suivant un angle très voisin de l'angle droit.

Cette disposition se retrouve, quoique considérablement atténuée chez Gadus Merluccus où la longueur de la masse encéphalique est de 10 millimètres tandis que la largeur maxima est de 6 millimètres. L'angle que détermine l'entrecroisement des plans verticaux d'un même côté mesure 100 degrés.

MURENA ANGUILLA (Cuvier, Linné)

Téleostéen Apode

Longtemps on a cru que *Murena* ne possédait que deux canaux semi-circulaires. C'est ainsi que les décrit Geoffroy : « Les canaux sont au nombre de deux seulement chez l'an- « guille. Ils sont inégaux ; l'un est plus grand, et l'autre plus « court et plus petit de moitié. Ils sont placés de telle façon « que le plus long passe sous un canal osseux horizontal et « l'autre, plus court, passe dans une situation perpendiculaire « sous un autre canal osseux aussi perpendiculaire. Ces deux « canaux sont simples, ne s'unisent point ensemble et ont « quatre extrémités et ouvertures différentes qui, s'élargissant,

« s'ouvrent dans le canal commun auquel aboutit aussi la vési-
« cule des deux premiers osselets. (1)

Cette description est tout à fait inexacte. Bien que *Murena* ait une forme générale tout à fait différente de celle de la grande majorité des poissons, ses canaux semi-circulaires sont disposés de la même façon que le leurs.

Murena a trois canaux : deux verticaux (et c'est le canal postérieur qui avait du échapper aux investigations de Geoffroy) et le troisième horizontal. L'antérieur est le plus long : 11 millimètres ; le postérieur mesure 10 millimètres et l'horizontal 6 millimètres.

La branche commune aux canaux verticaux est située en arrière du cervelet ; elle mesure 4 millimètres. Le canal supérieur et le canal postérieur divergent en formant un angle nettement obtus. Le canal horizontal décrit une courbe de rayon assez allongé : 2 millimètres environ. Sa branche postérieure dépourvue d'ampoule décrit une sinuosité et vient s'ouvrir à la base de la branche commune aux deux canaux verticaux.

La masse encéphalique apparaît dans son ensemble comme très effilée. Le cervelet est très allongé. Il mesure 5 millimètres dans le sens sagittal et 2 millimètres dans le sens transveral. Les tubercules bi-jumeaux ont également une forme allongée.

*
* *

Les descriptions qui précèdent montrent que tous les poissons quelle que soit leur espèce et le groupe zoologique auquel ils appartiennent possèdent trois canaux semi-circulaires disposés suivant un même type.

Constitution du système.

Les canaux sont au nombre de trois. Deux sont verticaux et

(1) Geoffroy. *Dissertation sur l'organe de l'ouïe de l'homme, des reptiles et des poissons*, pages 124-125.

le troisième est horizontal. Les deux canaux verticaux sont dirigés par rapport au plan sagittal de la tête, l'antérieur d'arrière en avant, le postérieur d'avant en arrière, et tous deux de dedans en dehors. Le canal horizontal est externe (fig. 1).

Chaque canal présente une dilatation ampullaire : pour le

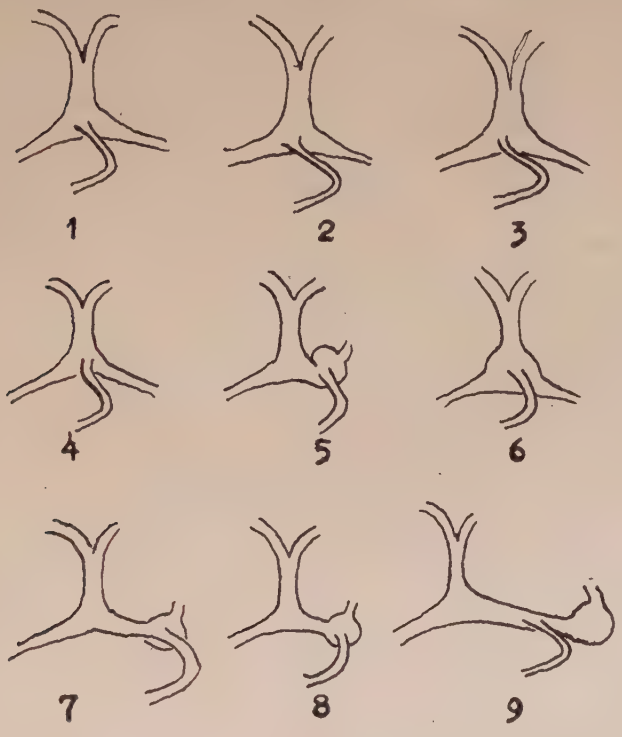


Fig. 2

MODES D'ABOUCHEMENT DU CANAL HORIZONTAL CHEZ LES POISSONS

1. Orthagoriscus Mola.
2. Trachinus Draco.
3. Labrax Lupus.
4. Mureno Anguilla.
5. Scomber Scombrus.
6. Tinca Vulgaris. Chrysophris Aurata.
7. Pleuronectes Lhombus.
8. Pleuronectes Soléa.
9. Gadus Merlangus.

canal antérieur et le canal horizontal elle est placée à l'extrémité nasale ; celle du canal postérieur se trouve située à son extrémité caudale. Les extrémités dépourvues d'ampoules des canaux antérieur et postérieur se réunissent l'une et l'autre pour former ce que nous appellerons la « branche commune ».

Ainsi constituée, la branche commune se renfle à sa base en un sac plus au moins développé d'où divergent deux branches horizontales : l'une se dirige d'arrière en avant et s'ouvre dans l'ampoule antérieure ; l'autre se dirige d'avant en arrière et s'ouvre dans l'ampoule postérieure.

Le canal externe naît à la partie nasale par une ampoule. Cette ampoule est située immédiatement en arrière et un peu en dehors de l'ampoule du canal antérieur. De là, le canal externe décrit un arc de cercle de rayon variable et vient s'ouvrir dans la branche horizontale postérieure d'une façon différente suivant les espèces : (figure 2).

Tantôt, il va s'ouvrir dans le renflement que présente à sa base la branche commune aux canaux verticaux. C'est le cas de Labrax Lupus (3), Murena anguilla (4) ; il semble alors que le canal externe descende de la branche commune. Parfois le renflement est très marqué comme chez Tinca vulgaris (6) et Chrysophrys aurata (6).

Ou bien le canal externe vient s'ouvrir dans la branche horizontale postérieure elle-même, mais suivant deux types différents. Chez Trachinus draco (2), le canal externe s'ouvre tout près de la branche montante ; chez Gadus Merlangus (9), au contraire, il s'ouvre très en arrière, presqu'à l'extrémité postérieure de la branche horizontale postérieure.

Enfin, dans certains cas, le canal externe vient s'ouvrir dans l'ampoule du Canal semi-circulaire postérieur. Deux cas se présentent alors : ou bien l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur est éloignée de la branche montante dont elle est séparée par toute la longueur de la branche horizontale postérieure : 5 millimètres chez Pleuronectes Rhombus (7) ; 2 millimètres chez Pleuronectes Solea (8) ou bien l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur est située immédiatement au contact de la branche montante, dont elle n'est séparée que par un demi-millimètre chez Scomber Scombrus (5).

Nous n'avons rien trouvé dans la morphologie qui soit de nature à expliquer les variations de longueur de la branche

horizontale postérieure et surtout les modalités très différentes d'abouchements de l'extrémité dépourvue d'ampoule du canal horizontal.

Dimension des canaux.

Au point de vue de la longueur, les canaux peuvent être rangés dans l'ordre suivant : le canal semi-circulaire supérieur, puis le canal postérieur, et enfin le canal externe qui est toujours le plus court.

Si nous établissons un indice en prenant comme unité le canal horizontal, l'indice est : 1,65 pour le canal antérieur et 1,47 pour le canal postérieur. On voit donc que les deux canaux verticaux présentent entre eux une différence moins considérable que celle qui les sépare du canal horizontal. Il faut noter, toutefois, que cette différence diminue chez les Pleuronectes : chez eux, en effet, les trois canaux sont sensiblement égaux.

Ces variations de longueur concordent avec des variations du rayon de courbure qui est toujours plus grand pour le canal supérieur que pour le postérieur et l'externe. Ces variations semblent liées à la topographie des canaux et de leurs ampoules.

Topographie des canaux et des ampoules.

Les deux systèmes labyrinthiques sont disposés symétriquement de part et d'autre de l'axe sagittal de la tête, mais cela ne signifie pas qu'ils soient couplés.

En effet, si les plans des canaux verticaux sont toujours perpendiculaires au plan du canal horizontal, l'angle qu'ils forment entre eux est variable.

Les plans formés par les canaux verticaux postérieurs déterminent entre eux un angle voisin de l'angle droit, ouvert en

arrière, le point de convergence de ces deux plans étant toujours situé dans le plan frontal tangent à la face postérieure du cervelet.

Au contraire, l'angle formé par les plans des canaux verticaux (antérieur et postérieur) d'un même côté est variable suivant les espèces ; tantôt il est voisin de l'angle droit, et l'ensemble tend à réaliser un couplage analogue à celui qu'Yves Delage a décrit chez les Oiseaux, tantôt au contraire, les deux canaux verticaux d'un même côté ne sont pas perpendiculaires, et dans ce cas l'angle que leurs plans déterminent est toujours obtus.

Cette détermination de l'orientation des canaux semi-circulaires montre que si les canaux verticaux postérieurs sont fixes dans toutes les espèces, puisqu'ils forment entre eux un angle constant, les verticaux antérieurs, au contraire, ont une orientation très variable par rapport au plan sagittal, puisque l'angle qu'ils forment avec les précédents est variable.

Dans la recherche des causes de cette fixité des uns et de la variabilité des autres, nous avons été frappés rapidement par les rapports que l'ensemble du système des canaux semi-circulaires présente avec la masse nerveuse encéphalique.

Cette masse nerveuse est constituée chez les Poissons presqu'essentiellement par le cervelet et surtout par les tubercules bi-jumeaux. Or ces deux parties présentent dans l'ensemble des variations de développement extrêmement importantes :

Tantôt la largeur mesurée au niveau des tubercules bijumeaux l'emporte sur la longueur mesurée de l'extrémité antérieure des tubercules bi-jumeaux à l'extrémité postérieure du cervelet. Cette disposition caractérise les poissons dont le système nerveux apparaît trapu : nous les appellerons : **Brachyencéphales** (figure 3).

Tantôt au contraire, la longueur l'emporte sur la largeur. Le système nerveux apparaît plus effilé. Nous appellerons les pois-

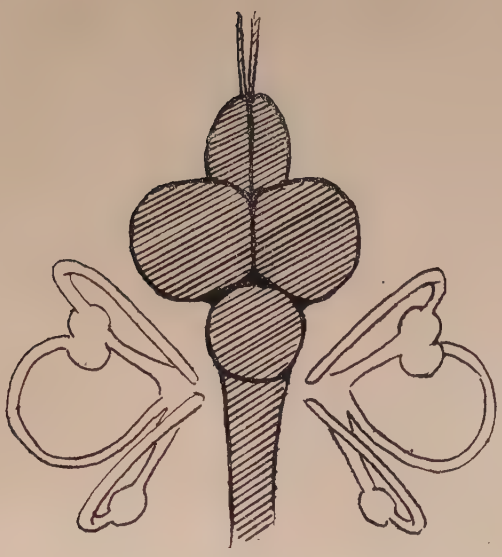


Fig. 3

POISSONS

Type Brachycencéphale

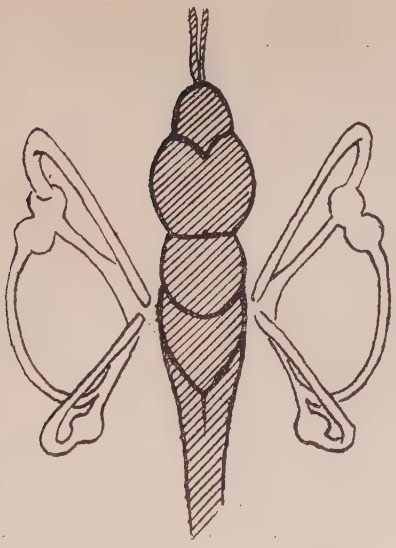


Fig. 4

POISSONS

Type Dolichencéphale

sons qui présentent cette disposition des : **Dolichencéphales** (figure 4).

Dans tous les cas, la place laissée libre en arrière du cervelet, quel que soit le type de poisson envisagé, est toujours à peu près la même, et l'on conçoit que les canaux verticaux postérieurs ayant leur branche commune aux antérieurs située toujours au même point, c'est-à-dire sur le bord postérieur du cervelet, puissent se développer en arrière de lui dans des conditions identiques.

Il n'en est pas de même pour les canaux verticaux antérieurs qui se développent latéralement par rapport à la masse encéphalique, et par conséquent doivent être soumis à toutes les variations de développement de cette dernière.

Dans les cas où les dimensions transversales de l'encéphale l'emportent sur les dimensions antéro-postérieures, les canaux verticaux antérieurs sont déjetés en dehors et l'angle qu'ils font avec les verticaux postérieurs se rapproche de l'angle droit.

A mesure que les dimensions antéro-postérieures l'emportent sur les dimensions transversales, ils tendent à se rapprocher de la ligne médiane et l'angle qu'ils forment avec les canaux postérieures devient de plus en plus obtus.

Les variations dans le développement du système nerveux encéphalique retentissent également sur la forme de la courbe du canal semi-circulaire supérieur et du canal semi-circulaire externe, la courbure de ces canaux étant accentuée lorsque la masse du système nerveux est développée dans le sens transversal, et au contraire atténuée lorsque cette masse est développée dans le sens antéro-postérieur.

En résumé :

Chez les Poissons Brachyencéphales, l'angle est droit ou très légèrement obtus, et la courbure des canaux est cintrée. Chez les poissons Dolichencéphales, l'angle est supérieur à 90 degrés, et parfois très obtus, et la courbure des canaux est faible.

On pourrait penser que cette disposition du système nerveux

et par suite, des canaux semi-circulaires, est en relation avec la forme générale du crâne.

En réalité, il n'en est pas ainsi.

En effet, les *Pleuronectes*, qui sont, de par leur forme aplatie, dolichocrâniens au maximum sont tous des Brachyencéphales, alors que *Gadus Merlangus*, qui est beaucoup moins dolichocrânien que les Pleuronectes est le type des Dolichencéphales.

Tout se passe au plus comme si l'aplatissement des Pleuronectes déterminait de l'Hypsicéphalie : c'est en effet chez ces poissons que la branche commune aux canaux verticaux est la plus élevée.

Topographie des ampoules. — Le plan ampullaire.

Quelle que soit la situation occupée par les ampoules des canaux semi-circulaires, le plan qu'elles constituent conserve une position invariable : il est horizontal et il coïncide avec le plan du canal horizontal, quelle que soit l'espèce envisagée. Ce plan, que nous appellerons dorénavant « plan ampullaire » présente également une relation constante avec le plan du trou occipital pour lequel nous retiendrons la dénomination de « plan foraminien ».

Chez tous les Poissons, quel que soit leur type crânien ou cérébral, le plan foraminien et le plan ampullaire se rencontrent au niveau de ce que Broca a démontré le « Basion » c'est-à-dire le milieu du bord antérieur du trou occipital, bord qui est comme on le sait, inférieur chez les Poissons, par suite de la position frontale de ce trou.

Quelle que soit l'espèce, cet angle a une valeur constante : il est très voisin de l'angle droit.

En somme, d'après ce qui précède, les canaux semi-circulaires se présentent chez les Poissons avec des caractéristiques morphologiques qui permettent de décrire un type général constant quels que soient la forme et l'habitus des espèces, et quelles que soient les connexions morphologiques de l'oreille avec

des formations anatomiques propres à certaines espèces (vessie natatoire, par exemple).

Les variations individuelles que nous avons signalées concernant les dimensions, l'orientation et la courbure de ces canaux semblent liées à des facteurs locaux en rapport avec le développement en longueur ou en largeur d la masse encéphalique.

II

REPTILES ET BATRACIENS

(Reptiles)

Les premiers anatomistes qui se sont occupés des canaux semi-circulaires, ont cru que les serpents n'en avaient pas.

Haller écrivait en 1763 : « Late per regnum animalium do-
« minantur, in quadrupedis, calidis, frigidis, etiam piscibus.
« In solis serpentibus dicuntur desiderari. »

Geoffroy, dans ses « Dissertations sur l'organe de l'ouïe des poissons, des reptiles et de l'homme » adoptait des conclusions identiques chez la Vipère et la Couleuvre d'Asie. A propos de l'Orvet (Cœcilia), il écrit (1) :

« Je n'ai trouvé aucun canal semi-circulaire dans la voûte
« du vestibule, quelque recherche que j'aie faite pour en dé-
« couvrir. » Il ajoutait toutefois : « Je ne voudrais point cepen-
« dant assurer qu'il n'y en eût point en cet animal. » Par contre, chez la Salamandre aquatique, Geoffroy (2) note la présence de quatre ouvertures dans la voûte du vestibule. « Ces
« quatre trous sont les issues de deux canaux semi-circulaires,
« l'un antérieur en regardant la fenêtre ronde en face, l'autre
« postérieur. Ce dernier est fort court, l'autre plus long. Ces

(1) *Dissertations sur l'organe de l'ouïe de l'homme, des reptiles et des poissons.* Amsterdam, 1778, page 76.

(2) *Id.*, page 84.

« deux canaux sont opposés et placés exactement vis-à-vis « l'un de l'autre. »

Le troisième canal avait échappé à Geoffroy, car, et Breschet, Owen, Chatin l'on décrit, les reptiles ont trois canaux semi-circulaires. Ces canaux sont disposés comme chez les poissons : deux sont verticaux, et le troisième est horizontal, et externe par rapport à l'axe sagittal de la tête.

Mais leur topographie varie légèrement suivant qu'on examine des ophidiens ou des chéloniens.

ZAMENIS ATROVIRENS (Ophidien colubriforme)

(Couleuvre)

Chez *Zamenis atrovirens*, les trois canaux sont sensiblement identiques à ceux de Murena anguilla que nous avons étudiés précédemment. Le canal antérieur mesure 6 millimètres, le canal postérieur 5 millimètres et le canal externe 4 millimètres. L'extrémité nasale des canaux antérieur et externe et l'extrémité caudale du canal postérieur sont renflés en forme d'ampoule, et ces ampoules sont disposées de telle sorte que leur plan se trouve coïncider avec celui du canal horizontal.

TESTUDO GRAECA (Chélonien)

(Tortue)

Chez *Testudo Graeca*, les trois canaux sont disposés de la même façon. Ils sont plus trapus, moins bien dessinés et ne diffèrent pas beaucoup les uns des autres par leur longueur. Ils mesurent environ 5 millimètres.

Chez Testudo Graeca, le canal externe passe au dessus de

l'ampoule du canal postérieur ; de ce fait il résulte que l'extrémité de sa courbure glisse dans la concavité du canal postérieur, au moment où il va se renfler en ampoule. Il existe là, une sorte d'ébauche d'un entrecroisement du canal externe par le canal postérieur, disposition qui n'existait pas chez *Zamenis atrovirens*.

Il s'ensuit que chez Testudo Graeca, le plan des ampoules ne coïncide pas avec le plan du canal horizontal mais fait avec lui un angle ouvert en bas et en arrière et qui mesure une dizaine de degrés.

Cette disposition ne serait pas exclusive aux Chéloniens. Des Sauriens comme le crocodile la présenteraient, si l'on en croit une figure de Hasse, reproduite dans « Les Leçons » de Chatin (1).

Quelle que soit la composition qu'on trouve chez les reptiles, que ce soit celle de *Zamenis atrovirens* ou celle de *Testudo Graeca*, le plan que déterminent leurs ampoules fait toujours avec celui du trou occipital un angle voisin de 90 degrés.

BATRACIENS

RANA ESCULENTA

(Grenouille verte)

Nous avons retrouvé chez Rana Esculenta une disposition topographique analogue à celle que nous venons de signaler chez Testudo Graeca.

Les canaux semi-circulaires sont inégaux ; le canal supérieur mesure 5 millimètres, le canal externe et le canal canal postérieur 4 millimètres.

L'ampoule de ce dernier canal se trouve située au-dessous

(1) Chatin. Leçons faites à la Sorbonne : *Les organes des sens dans la série animale*. Paris, 1880.

du plan du canal horizontal, et l'entrecroisement ébauché chez *Testudo Graeca* est encore plus nettement visible chez *Rana Esculenta*.

Il s'ensuit que le plan déterminé par les ampoules ne se superpose pas au plan du canal horizontal.

Il est dirigé en bas et en arrière, et il apparaît entre ces deux plans un angle d'une dizaine de degrés.

Nous avons été frappés de ne pas retrouver cette particularité chez le têtard de *Rana Esculenta*.

Chez lui, en effet, les canaux sont bien développés et on peut constater que le canal postérieur ne descend pas au-dessous du plan du canal horizontal. Sa disposition est semblable à celle que nous avons décrite chez les Poissons et chez les Ophidiens.

Fig. 5

RANA ESCULENTA

a) **Topographie.** - *b)* **Constitution du Système**

En somme on peut diviser l'ensemble des Reptiles et des Batraciens en deux groupes : un premier groupe garde les caractères des Poissons ; c'est-à-dire que chez tous les individus qui le composent, le plan des ampoules et le plan du canal horizontal coïncident. Ce sont les Ophidiens et les Batraciens jeunes.

Un second groupe présente de nouveaux caractères topographiques : un entrecroisement du canal externe par le canal postérieur s'ébauche, et le plan des ampoules ne coïncide plus avec le plan du canal horizontal. Ce groupe comprend les Chéloniens, les Sauriens (?) et les Batraciens adultes.

Ces deux groupes ont un caractère commun : quelle que soit la disposition envisagée, le plan des ampoules fait avec le plan du trou occipital un angle voisin de l'angle droit.

III

CANAUX SEMI-CIRCULAIRES DES OISEAUX

Les oiseaux présentent une disposition tout à fait différente de ce que nous avons rencontré jusqu'ici. Ces modifications ont été bien décrites par Breschet qui semble avoir été le premier à réaliser une étude approfondie de l'oreille chez les Oiseaux.

Nous empruntons quelques passages à sa description :

« Les canaux semi-circulaires sont au nombre de trois,
« ...mais ils sont caractérisés par une disposition particulière
« dont on ne trouve pas d'exemple dans les autres classes
« d'animaux vertébrés (1). Comme dans les Mammifères, les
« Reptiles et les Poissons, leur nombre est de trois, et chacun
« présente à l'une de ses extrémités un renflement pour con-
« tenir une ampoule... Le canal antérieur est toujours le plus
« grand ; c'est lui qui s'étend directement en haut.

« Les deux autres canaux, plus petits, se distinguent parce
« qu'ils *se croisent dans le milieu de leur étendue*... (plan-
« che I, fig. 4, 6, etc...)

« ...Cette disposition est constante chez tous les oiseaux,
« au moins chez tous ceux que nous avons disséqués.

(1) Nous verrons par la suite qu'il n'en est rien. Cf. Villemin et Jean Beauvieux. *Recherches sur la topographie des canaux semi-circulaires et de leurs ampoules chez les vertébrés.* (Réunion de la Société de Biologie de Bordeaux, 17 janvier 1934).

Plus loin :

« Ce croisement est tel que les cavités des deux canaux com-
« muniquent pleinement l'une avec l'autre. »

Voilà donc un fait morphologique nouveau ; les deux canaux horizontal ou externe et postérieur ou sagittal se croisent au milieu de leur courbure, et même se soudent.

Par ailleurs, il existe chez les oiseaux des modifications importantes :

Breschet les a également signalées :

« Les canaux antérieur et postérieur se réunissent comme
« dans les Mammifères pour former le canal commun, mais
« leur mode de réunion est différent chez les Oiseaux en ce
« que le canal antérieur aboutit à l'angle postérieur du sinus
« commun, et le canal postérieur à l'angle antérieur du même
« sinus. (Pl. I, fig. 4, 6, etc...) »

Les auteurs ont également signalé des variations qui portent sur les dimensions et la forme des canaux semi-circulaires (Cuvier, Owen, Milne-Edwards, Claus, Chatin).

En examinant 25 espèces d'oiseaux différents, Laudenbach put constater des variations très nettes suivant l'adaptation physiologique des oiseaux considérés (et pressentit que la morphologie pourrait expliquer les résultats des expériences d'Edwald).

Nos recherches ont porté sur 22 espèces différentes, mais comme beaucoup présentent des caractères semblables, nous ne décrirons en détail que les plus typiques.

ACCIPITER

(Epervier)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Rapaces.

L'épervier possède trois canaux semi-circulaires, deux qui sont verticaux, et un qui est horizontal.

Par rapport au plan sagittal de la tête, les canaux verticaux se dirigent de dedans en dehors, l'antérieur d'arrière en avant, le postérieur d'avant en arrière ; et le troisième est externe (fig. 6, n° 2).

Le canal supérieur est le plus long : il mesure 26 millimètres. Le canal externe vient ensuite avec le canal postérieur : ils mesurent tous deux 20 millimètres. L'extrémité antérieure du canal supérieur est renflée en ampoule, tandis que son extrémité postérieure va se joindre à la branche antérieure du canal postérieur pour former comme chez les Poissons la branche commune. Mais ici, elle est très courte et elle présente un mode de constitution particulier sur lequel nous allons revenir dans un instant.

Le canal vertical supérieur ne décrit pas une courbe régulière, mais on peut le considérer comme constitué de deux segments, l'un antérieur, l'autre postérieur, délimités par l'intersection de ce canal par le plan du canal postérieur. Le segment antérieur est presque rectiligne : il mesure en effet 13 millimètres et sa corde 11 millimètres. Le segment postérieur, au contraire, présente une courbure très accentuée : sa corde mesure 6 millimètres seulement pour un arc de 13 millimètres.

Le segment postérieur est tout entier placé en arrière du plan du canal postérieur. Il s'ensuit que la réunion des branches dépourvues d'ampoule des canaux verticaux ne peut plus s'effectuer comme chez les Poissons, où le canal antérieur était tout entier situé en avant du plan du canal postérieur. La

branche du canal antérieur, au lieu d'aborder celle du canal postérieur par sa partie antérieure ou nasale, l'aborde par sa partie postérieure ou caudale . Le canal postérieur de son côté, présente une disposition particulière : il croise le canal externe en passant en dehors de lui. Ainsi chacun de ces deux canaux se trouve partagé en deux segments : un supérieur et un inférieur pour le canal postérieur ; un antérieur et un postérieur pour le canal horizontal.

Les deux segments du canal postérieur sont sensiblement égaux ; il n'en est pas de même en ce qui concerne le canal horizontal. Son segment antérieur est plus long que son segment postérieur : 12 mm. 5 et 7 mm. 5.

Les ampoules des canaux occupent une situation un peu différente de celle que nous avions rencontrée jusqu'alors. L'ampoule du canal semi-circulaire postérieur se trouve en effet placée à la partie inférieure du vestibule, en dessous du plan du canal horizontal. Il s'ensuit que le plan que déterminent les trois ampoules est dirigé obliquement en bas et en arrière. Il forme alors un angle avec le plan du canal horizontal, et cet angle a une valeur de 45 degrés.

Le plan ampullaire présente toutefois chez l'Epervier le rapport que nous avions mis en évidence chez les Poissons avec le plan du trou occipital. Les deux plans, ampullaire et foraminien se coupent en formant un angle très voisin de l'angle droit.

PALUMBA

(Pigeon ramier)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Colombins.

La disposition générale est la même. Les dimensions et la formes des canaux sont seules variables.

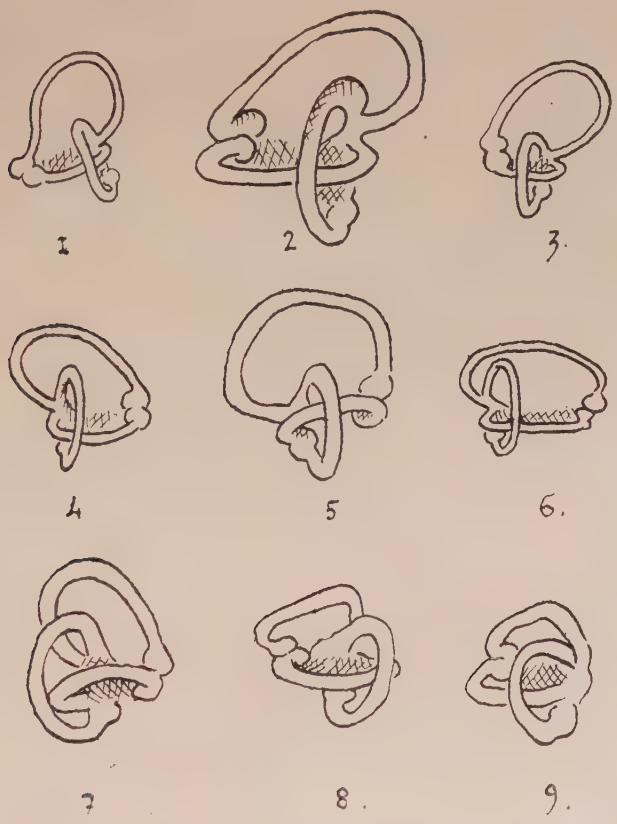


Fig. 6

TOPOGRAPHIE DES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES
CHEZ LES OISEAUX

1. Numida.
2. Accipiter.
3. Columba.
4. Gallus.
5. Scolopax.
6. Anas.
7. Anser.
8-9. Rapace polaire.

Le canal vertical antérieur est encore le plus long : il mesure 18 millimètres ; le canal postérieur mesure 13 millimètres, enfin, le canal horizontal ne mesure que 13 millimètres également. Le canal supérieur est formé de deux segments déterminés par le plan du canal postérieur. Le segment antérieur est presque rectiligne et il est relevé de 45 degrés sur le plan du canal horizontal. Le segment postérieur, par contre, décrit une courbe bien marquée et vient s'unir à la branche supérieure du canal postérieur pour former la branche commune suivant la modalité que nous avons signalée chez l'Epervier.

Le canal postérieur croise le canal externe. Cet entrecroisement détermine sur le canal postérieur l'apparition de deux segments, un supérieur, l'autre inférieur, qui sont à peu près égaux. Par contre, le canal externe se trouve partagé en deux segments inégaux : le segment antérieur, qui va de l'ampoule du canal externe à l'intersection mesure 9 millimètres, tandis que le segment postérieur qui va de l'intersection au vestibule ne mesure que 4 millimètres. Cette disposition montre que l'ampoule du canal postérieur se trouve située à la partie la plus inférieure du système au dessous du plan du canal horizontal. Il s'ensuit que le plan ampullaire est dirigé obliquement, et forme avec le plan du canal horizontal un angle de 45 degrés ouvert en arrière et en bas.

SCOLOPAX

(Bécasse)

Sous classe des Carinates. Ordre des Echassiers

L'ensemble du système est constitué des mêmes éléments. Le canal supérieur mesure 22 millimètres ; le canal externe : 16 millimètres. Le canal postérieur ne mesure plus que 13 millimètres. Il est donc ici le plus petit (fig. 6, n° 5, et fig. 7). Le

canal semi-circulaire supérieur affecte une forme un peu différente : il est toujours constitué par deux segments, un antérieur et un postérieur que détermine le plan du canal postérieur, mais chez Scolopax, les deux segments sont identiques et égaux. L'ensemble dessine assez bien un demi-cercle régulier.

Le canal postérieur et le canal externe se croisent, en déterminant sur le canal postérieur deux segments sensible-

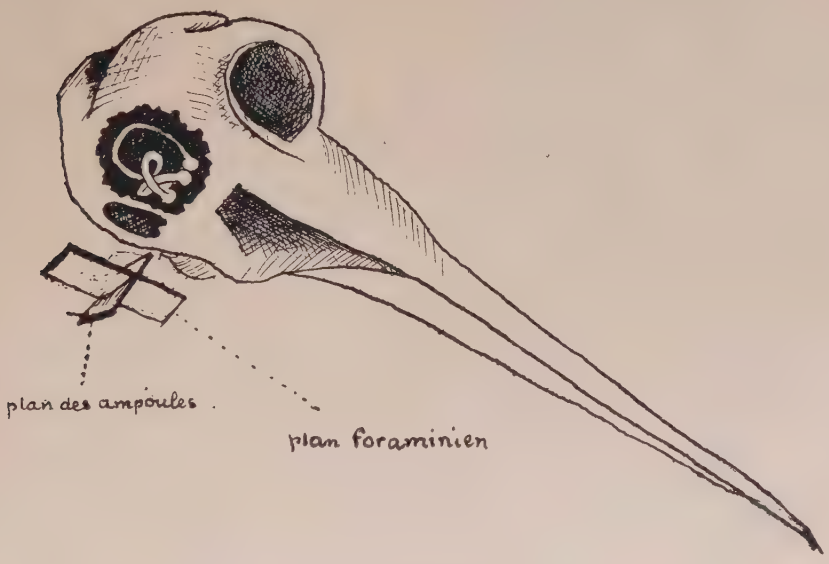


Fig. 7
SCOLOPAX

ment égaux, et sur le canal horizontal deux segments inégaux ; le segment antérieur mesure, en effet, 10 millimètres et le segment postérieur 6 millimètres.

Le plan des ampoules des canaux semi-circulaires est très oblique et fait avec le plan du canal horizontal un angle ouvert en arrière et en bas qui mesure 50 degrés. Par ailleurs, ce plan ampullaire rencontre le plan foraminien sous un angle de 90 degrés.

STERNA

(Satanite)

Sous classe des Carinates — Ordre : Palmipèdes.
S.-O. : Longipennes

Chez le Satanite, le canal supérieur est nettement le plus long : il mesure 11 millimètres. Le canal postérieur ne mesure que 6 mm. 5 et le canal externe mesure 7 millimètres.

Le canal supérieur est très grêle, très délié, et sa courbe apparaît constituée de deux segments, un segment antérieur dont l'arc ne dépasse pas beaucoup la corde, et un segment postérieur plus bombé.

La branche commune est constituée de la même manière que chez les oiseaux précédents.

Le segment postérieur est relativement plus grand que précédemment. Il croise le plan du canal horizontal en déterminant deux segments inégaux : le segment antérieur a 6 mm. 5 de long, et le segment postérieur n'a que 4 mm. 5. L'ampoule du canal semi-circulaire postérieur est située au-dessous du plan du canal externe ; il s'ensuit que le plan ampullaire est fortement oblique en bas et en arrière. Il ne coïncide plus avec le plan du canal externe, mais fait avec lui un angle voisin de 45 degrés, ouvert en arrière et en bas. Le plan ampullaire croise le plan du trou occipital en faisant avec lui un angle voisin de 90 degrés.

NUMIDA

(Pintade)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Gallinacés

L'ensemble comprend toujours les mêmes éléments disposés de la même façon. Le canal antérieur mesure 14 millimètres, le canal externe 12 millimètres et le canal postérieur qui est le plus court ne mesure que 11 millimètres (fig. 6, n° 1). Le canal antérieur est constitué de deux segments situés l'un en avant, l'autre en arrière du plan du canal postérieur. Le segment antérieur, non seulement décrit une courbe à rayon extrêmement allongé, mais il présente même une légère concavité antérieure en son milieu. Le segment postérieur, par contre, est bien cintré et représente un demi-cercle presque parfait. Le canal postérieur croise le canal externe très en arrière et les deux segments qu'il détermine sur ce dernier canal sont très inégaux : Le segment antérieur, en effet, a une longueur de 8 mm. 5, tandis que le segment postérieur ne mesure que 3 mm. 5.

Le plan déterminé par les trois ampoules est encore oblique en arrière, mais moins que chez les espèces que nous avons déjà examinées : il n'a, en effet, qu'une valeur de 40 degrés. Il fait cependant un angle presque droit en croisant le plan du trou occipital.

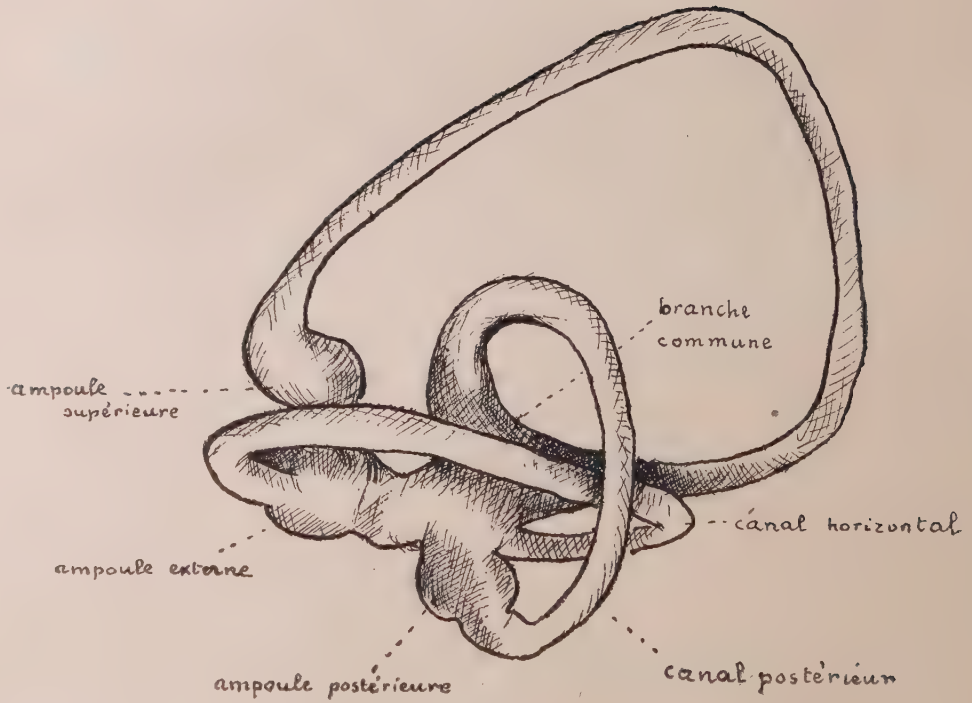


Fig. 8

CONSTITUTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME

GALLINULA

(Poule sauvage)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Echassiers

Le canal antérieur est nettement le plus grand : 20 millimètres, alors que le canal postérieur ne mesure que 12 millimètres. Par contre, il est lui-même inférieur au canal horizontal dont la longueur atteint 15 millimètres. La disposition du canal antérieur est toujours sensiblement la même : un segment antérieur presque rectiligne, et un segment postérieur dont la courbe dessine un demi-cercle. Le canal postérieur croise le canal externe en le partage en deux segments dont l'antérieur est le plus grand : 10 mm. 5 et le postérieur nettement plus petit n'atteint que 4 mm. 5. Les ampoules sont placées sur un plan très oblique qui fait avec celui du canal horizontal un angle de près de 50 degrés, mais qui est presque perpendiculaire au plan du trou occipital.

ANAS

(Canard domestique)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Palmipèdes

S. O. : Lamellirostres.

Son canal antérieur est de beaucoup le plus long : 18 millimètres contre 11 millimètre au canal postérieur et 12 millimètres au canal externe, mais sa forme est tout à fait différente (fig. 6 n° 6). En effet, on peut toujours le considérer comme formé de deux segments déterminés sur sa courbure par le plan du canal vertical postérieur, mais ces deux seg-

ments sont de longueur très inégale. Le segment antérieur mesure 14 millimètres et le segment postérieur 5 millimètres. Le segment postérieur dessine bien un demi-cercle, mais le segment antérieur décrit une courbure à grand rayon, si bien que le canal, dans son ensemble dessine assez bien un ovoïde à grand axe horizontal et à extrémité antérieure effilée.

Le canal postérieur croise le canal horizontal très en arrière, presqu'à l'extrémité postérieure de sa courbure. Il détermine dans ces conditions deux segments très inégaux : le segment antérieur mesure 8 millimètres, et le segment postérieur n'en mesure que 4. Le plan ampullaire est moins oblique que précédemment sur le plan du canal horizontal, et l'angle qu'il forme avec lui ne mesure plus que 30 degrés. Par contre, ses rapports avec le plan du trou occipital sont les mêmes : il fait avec lui un angle voisin de l'angle droit.

ANSER

(Oie)

Sous classe des Carinates. — Ordre des Palmipèdes.

S.-O. : Lamellirostres

On rencontre encore une disposition identique. Les canaux se présentent, au point de vue de la longueur, dans l'ordre suivant : Le supérieur, avec 20 millimètres, l'externe, avec 16 millimètres, et le postérieur, avec 12 millimètres (fig. 6, n° 7). Le canal vertical supérieur n'est pas très développé. Il est toujours constitué par deux segments, mais le segment postérieur ne décrit pas une longue courbe en arrière du plan du canal postérieur. L'ensemble est trapu et peu délié. Le canal postérieur croise le canal horizontal environ aux deux tiers du trajet de ce dernier, déterminant ainsi un segment antérieur

qui mesure 11 millimètres, et un segment postérieur qui mesure 5 millimètres.

L'ampoule du canal semi-circulaire postérieur est toujours située au-dessous du plan du canal horizontal, mais tout près de lui. Il s'ensuit que le plan ampullaire est peu incliné sur le plan du canal horizontal, et l'angle ouvert en bas et en arrière que déterminent entre eux ces deux plans mesure à peine 20 degrés. Cependant, on retrouve ici encore la disposition qu'on a toujours trouvée jusqu'alors : le plan ampullaire fait avec le plan du trou occipital un angle voisin de l'angle droit.

GALLUS

(Coq)

Chez le coq de basse-cour, le canal supérieur est le plus long avec 17 millimètres. Le canal externe vient ensuite avec 13 millimètres ; le canal externe vient le dernier avec 12 millimètres.

Le plan du canal postérieur coupe le canal supérieur exactement au milieu de son trajet, mais les deux segments qu'il détermine ainsi ont une forme différente. Le segment antérieur s'élève par une courbe à peine prononcée, tandis que le segment postérieur représente exactement un demi-cercle placé verticalement (fig. 6 n° 4).

Le canal postérieur croise le canal externe et les segments qui en résultent sont : ceux du canal postérieur à peu près égaux, ceux du canal externe inégaux; c'est encore le segment antérieur qui l'emporte, avec 9 millimètres sur le segment postérieur avec 4 millimètres.

Le plan des ampoules est incliné en bas et en arrière sur celui du canal horizontal, et forme avec lui un angle de 50°, mais le plan ampullaire est encore presque perpendiculaire au plan foraminien.

COLUMBA DOMESTICA

(Pigeon domestique)

Le canal antérieur est le plus long : 18 millimètres. Le canal externe vient ensuite, avec 15 millimètres, et enfin le canal postérieur vient le dernier avec 13 millimètres. La disposition de ces trois canaux est la même que celle des canaux décrits précédemment (fig. 6 n° 3). Le segment antérieur déterminé sur le canal horizontal par l'entrecroisement de ce canal par le canal postérieur est plus long que le segment postérieur, 10 mm. 5 et 4 mm. 5. Le canal supérieur est élevé. Toutefois, la différence de courbure entre les deux segments qui le constituent est peu considérable. Le canal postérieur est relativement bien développé et l'ensemble est fin et délié.

Les ampoules sont placées obliquement par rapport au canal externe. Leur plan fait avec celui de ce canal un angle aigu ouvert en bas et en arrière qui mesure 45°.

Le plan ampullaire est à peu près perpendiculaire au plan foraminien.

(Rapace polaire)

L'oiseau que nous allons décrire appartient à une espèce qu'il ne nous a pas été possible de déterminer. Il provient du Groënland. La forme générale et la constitution de son crâne, la position frontale de ses orbites profondément excavées, et la forme de son bec, qui est crochu et puissant, semblent devoir le faire classer parmi les rapaces. Il est intéressant en ce qu'il présente une disposition tout à fait particulière (fig. 6 n^{os} 8 et 9). Son canal vertical antérieur, en effet, est le plus petit alors que chez tous les oiseaux que nous avons examinés,

il était de loin le plus grand. Et cette disposition nous a d'autant plus frappés que chez les rapaces, et il a pris comme type Strix flammea, Breschet a toujours trouvé que le canal antérieur était le plus grand (1).

Il mesure ici 22 millimètres, alors que le canal postérieur mesure 24 millimètres et le canal horizontal 26 millimètres.

Les deux canaux verticaux s'unissent pour constituer la branche commune suivant le mode propre aux oiseaux.

Tout le canal supérieur se trouve pourtant situé en avant du plan du canal postérieur, comme le montre la figure. Mais l'extrémité du canal antérieur, quand elle rencontre l'extrémité antérieure du canal postérieur la croise de façon à l'aborder par sa face caudale comme chez les autres oiseaux.

Chez ce rapace, le canal postérieur croise également le canal externe, en passant en dehors de lui.

Il est ainsi partagé en deux segments qui ont une longueur sensiblement égale.

Le canal externe, par contre, n'est pas croisé par le canal postérieur au milieu de sa courbure, mais il se trouve partagé en deux segments de valeur inégale : le segment antérieur mesure 18 millimètres et le segment postérieur 8 millimètres. Les ampoules déterminent un plan qui est oblique en bas et en arrière et qui forme, avec le plan du canal horizontal, un angle de 40° environ.

Ce plan ampullaire conserve, avec le plan du trou occipital, les rapports que nous avons notés pour les autres espèces : il lui est presque perpendiculaire.

*
* *

(1) Breschet. *Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouïe des oiseaux.* (Annales des Sciences naturelles, 2e série, tome V, 1836, page 39 et pl. 2).

Dimensions des canaux

Espèces	Canal vert. ant.	Can. post.	Can. externe
Anas	18	11	12
Numida	16	11	12
Gallinula	20	12	15
Palumba	18	13	13
Gallus	17	12	13
Rapace	22	24	26
Scolopax	20	13	16
Accipiter	26	20	20
Anser	20	11	16
Turdus	16	10	12
Sterna	11	6,5	7
Columba dom. ...	18	13	15
Querquedula	12	7	10

Le tableau précédent montre bien les différences de longueur du canal semi-circulaire supérieur suivant les espèces ; nous nous contentrons d'ajouter que la forme est très variable d'une espèce à l'autre : ténu et délié chez Numida, chez Palumba, il l'est moins chez Scolopax où les deux segments sont presque semblables. Chez Gallus il est plus ramassé ; chez Anas il décrit une courbe que représente un ovoïde très allongé ; chez Anser il est à peine plus développé que le canal postérieur. Chez le Rapace polaire il est exactement construit suivant le type du canal postérieur.

Canal postérieur.

Le canal vertical postérieur est le plus petit des trois. Il est peu variable. Toutefois, nous avons noté que l'indice de 1,82

qui caractérisait la longueur du canal antérieur par rapport à celle du canal postérieur diminue chez l'épervier (1,3) et chez le rapace polaire, il est même inversé : 0,83. Il semblerait que chez les oiseaux planeurs, le canal postérieur prenne une importance plus considérable.

Canal externe.

Le canal horizontal présente également des variations étendues d'une espèce à l'autre, et sur lesquelles nous reviendrons en étudiant sa topographie et ses rapports.

Topographie des canaux.

Au point de vue topographique, nous avons déjà noté plus haut que les deux canaux verticaux forment entre eux un angle droit. Tous deux sont situés dans un plan perpendiculaire à celui du canal horizontal.

Mais chez les Oiseaux, il apparaît une disposition nouvelle qui n'était qu'ébauchée chez certains Reptiles et chez les Batraciens : le canal postérieur descend au-dessous du plan du canal horizontal et le croise en passant en dehors de lui. Au niveau de leur entrecroisement, les canaux osseux se fusionnent, et cette fusion est si parfaite qu'il faut disséquer les canaux membraneux pour constater que c'est le canal externe qui passe dans la concavité du canal postérieur.

Breschet disait que les canaux se croisent dans le milieu de leur courbure. Ce n'est pas tout à fait exact : Si le canal postérieur est partagé en deux segments égaux, un supérieur, et un infrieur, par le canal externe, il détermine sur le canal externe deux segments, un antérieur et un postérieur, inégaux dans la grande majorité des espèces (fig. 8).

Les dimensions absolues variant avec la taille des espèces, nous avons établi des indices pour montrer la relativité entre

la longueur de chacun de segments et la longueur totale du canal externe.

Espèces	Longueur du canal externe	Long. du segment antérieur	Indice $\frac{l \times 100}{L}$	Long. du segment postérieur	Indice $\frac{l \times 100}{L}$
	—	—	L	—	L
Querquedula	10	7	70	3	30
Anas	12	8,5	70	3,5	20,8
Numida	12	8,5	70	3,5	20,8
Columba domest. ..	15	10,5	70	4,5	30
Gallinula	15	10,5	70	4,5	30
Rapace	26	18	69	8	30,7
Palumba	13	9	69	4	30,7
Anser	13	9	69	4	30,7
Anser	16	11	68,6	5	31
Scolopax	16	10,5	66	5,5	40
Satanite	7	4,5	64	2,2	31,4
Accipiter	20	13	65	7	35
Turdus	12	8	66	4	33

Ces indices que nous retrouvons dans le tableau montrent que celui du segment antérieur est à peu près constant autour de 70, tandis qu'au contraire, celui du segment postérieur est variable ; il oscille entre 21 et 40.

Par conséquent le segment antérieur est toujours plus grand que le segment postérieur ; il a une longueur à peu près constance chez tous les Oiseaux, tandis qu'au contraire le segment postérieur, plus court, a une longueur variable suivant les espèces, et c'est cette variabilité qui explique les différences de longueur totale du canal externe.

Topographie des ampoules.

Les descriptions que nous avons données des ampoules à propos de chaque espèce permettent de considérer que le plan qu'elles déterminent a pris une orientation nouvelle par rapport au plan du canal externe (fig. 8).

Alors que chez les Poissons, le plan des ampoules (plan ampullaire) se superpose à celui du canal externe, chez les Oiseaux, il accentue l'obliquité qui s'ébauchait chez les Chéloniens et chez les Batraciens, pour faire avec lui un angle important :

Anser	20°
Anas	30°
Rapace	40°
Numida	40°
Querquedula	40°
Accipiter	45°
Palumba	45°
Sterna	45°
Turdus	45°
Scolopax	50°
Gallus	50°
Gallinula	50°

Cet angle se présente avec une valeur à peu près constante si l'on regarde les oiseaux dans leur ensemble, de 45 à 50 degrés. Il faut noter cependant que chez deux des espèces examinées, il était beaucoup plus faible et n'atteignait que 30 degrés chez Anas et 20 degrés chez Anser.

Comme nous l'avons noté chez les Poissons, les Reptiles et les Batraciens examinés, ce plan ampullaire, quelle que soit son obliquité coupe le plan foraminien en formant avec lui un angle voisin de l'ange droit.

***

En somme, les canaux semi-circulaires sont construits chez les Oiseaux suivant un type bien particulier caractérisé essentiellement, d'abord par l'augmentation de longueur du canal externe et surtout du canal supérieur ; ensuite par la disposi-

tion particulière de la branche commune aux canaux verticaux ; et enfin, par l'entrecroisement des canaux postérieur et externe, l'ampoule du canal postérieur étant placée au-dessous du plan du canal externe.

Le plan ampullaire ne coïncide plus comme chez les Poissons avec le plan du canal externe, mais forme avec lui un angle ouvert en bas et en arrière de 45 à 50 degrés dans la majorité des cas.

Les variations qui existent d'espèce à espèce et qui paraissent à priori intéresser la topographie d'ensemble de ces canaux ne sont en réalité que la manifestation des différences dans la longueur de certains segments, en particulier des segments postérieurs du canal supérieur et du canal externe.

IV

LES CANAUX SEMI-CIRCULAIRES DES MAMMIFERES

Les canaux semi-circulaires se présentent avec des aspects très différents suivant les ordres, mais ce qui caractérise cette classe des Vertébrés, c'est que les modifications semblent porter bien plus sur la topographie des canaux et de leurs ampoules que sur les dimensions relatives des canaux.

Ces différences ne paraissent pas avoir frappé les auteurs ; il faut d'ailleurs remarquer que les canaux des Mammifères n'ont guère été bien étutudiés que chez l'homme.

Breschet a noté que les canaux semi-circulaires du chien, du chat, du lièvre, du cochon, du cheval, du cerf, du mouton et du bœuf ne présentent pas de grosses variations, à part la prédominance que prend la longueur du canal supérieur sur les autres chez le chien, le lièvre et le cochon.

Nos recherches ont porté sur le chien, le chat, le mouton, la chèvre, le rat, la souris, le cobaye, le lièvre, le lapin, la loutre, les singes et enfin l'oreillard, car les cheiroptères nous ont paru intéressants à étudier à cause de leurs caractères, tout à fait spéciaux, qui leur font une place à part parmi les mammifères.

La plupart de ces mammifères sont tous des quadrupèdes.

(1) Breschet. *Mémoires à l'Académie Royale de Médecine*, t. V, 1836

Ils ne nous ont pas montré de variations assez importantes pour les différencier (1). Aussi n'en décrirons-nous qu'un.

FELIS DOMESTICUS

(Chat)

Le chat a trois canaux semi-circulaires. Deux sont placés verticalement et le troisième horizontalement. Les deux verticaux se dirigent, l'antérieur d'arrière en avant, le postérieur,

Fig. 10
FELIS DOMESTICUS

d'avant en arrière, et l'horizontal en dehors par rapport au pendiculaires au canal externe, et l'angle que forment eux-mêmes leurs plans voisin de l'angle droit.
plan sagittal de la tête. Les deux canaux verticaux sont per-

Ces canaux mesurent : le canal supérieur 9 mm. 5, le canal postérieur et le canal externe 8 millimètres environ.

(1) Seules les dimensions et la forme du vestibule changent beaucoup.

Les canaux sont munis d'ampoules difficiles à bien individualiser. Ces ampoules sont placées à l'extrémité nasale des canaux antérieur et externe, et à l'extrémité caudale du canal postérieur.

Les extrémités dépourvues d'ampoule des canaux verticaux se réunissent pour s'ouvrir dans le vestibule par une branche commune. Elles s'abordent directement, comme chez les poissons, sans se croiser au préalable, comme chez les oiseaux. Le plan que déterminent les trois ampoules des canaux semi-circulaires se superpose au plan du canal horizontal ; de plus, il croise le plan du trou occipital et l'angle ainsi déterminé entre ces deux plans est voisin de l'angle droit.

Cette description est celle des canaux du chat adulte. Nous avons trouvé exactement la même chez le chat nouveau-né.

Nous l'avons retrouvée encore chez *Plecotus auritus* qui est l'espèce la plus répandue d'oreillards.

Chez cette chauve-souris, le vestibule est énorme ; il a la forme d'une sphère que surmontent les canaux semi-circulaires, et il est très difficile d'isoler les ampoules.

SINGES

Les singes que nous avons étudiés étaient des cercopythèques et des anthropoïdes . La disposition générale du système des canaux est la même que chez les autres mammifères, mais des variations considérables apparaissent dans la topographie.

CERCOPYTHECUS MONA

Le canal externe est le plus court ; il mesure 14 millimètres ; les deux autres canaux ont la même longueur : 15 millimètres (fig. 10).

Nous avons été de suite frappés de trouver l'ampoule du canal postérieur nettement au-dessous du plan du canal externe. Il s'ensuit que le canal postérieur croise le canal horizontal. Cet

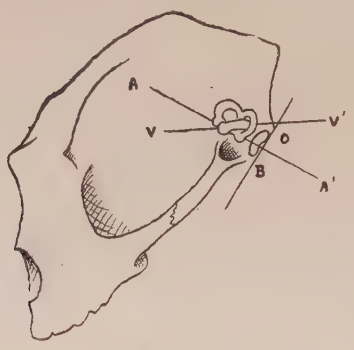


Fig. 10

CERCOPHYTECUS MONA

A A' **Plan des ampoules.**
V V' **Plan du canal horizontal.**
B O **Plan du trou occipital.**

entrecroisement est très apparent ; le plan des ampoules ne se superpose plus au plan du canal externe, mais il fait avec lui un angle ouvert en bas et en dehors, et cet angle mesure 40 degrés.

Par contre, nous avons trouvé entre le plan des ampoules et le plan du trou occipital le rapport que nous avons observé constamment jusqu'ici. L'angle formé par le croisement de ces deux plans est très voisin de l'angle droit.

GORILLA GINA

(Anthropoïde)

Chez cet anthropoïde, nous avons remonté une particularité nouvelle : le canal postérieur est le plus long ; il mesure 17 millimètres, alors que le canal antérieur mesure 14 millimètres et le canal horizontal 13 millimètres.

La topographie des ampoules reproduit en l'accentuant en-

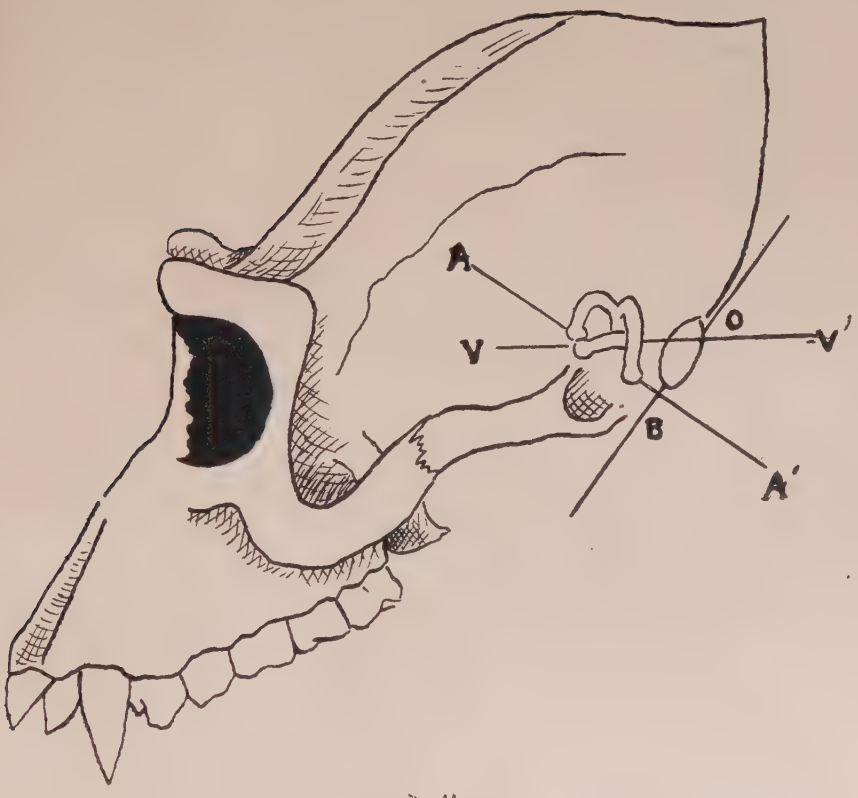


Fig. 11

GORILLA GINA

A A' Plan des ampoules.
V V' Plan du canal horizontal.
B O Plan du trou occipital.

core celle que nous avons décrite chez cercopythecus.

L'ampoule du canal postérieur est située très nettement au-dessous du plan du canal externe, et celui-ci est croisé par le canal postérieur comme le montre la figure 11.

On peut constater que loin de se superposer au plan du canal externe comme chez les autres mammifères, le plan des ampoules est fortement oblique en bas et en arrière et que cette inclinaison sur le plan du canal externe détermine un angle important (50°) entre ces deux plans.

Le rapport qui existe entre le plan des ampoules et celui du canal externe reste le même : ces deux plans se coupent en déterminant entre eux un angle d'environ 90 degrés.

HOMME

Les recherches portant sur les dimensions et l'angulation des canaux semi-circulaires sont trop nombreuses et trop précises chez l'homme pour que nous les reprenions. D'ailleurs, les classiques sont d'accord et leurs obervations ont été confirmées par les recherches récentes de Bourguet, Rendu, Ph. Bellocq, T. Sato, etc...

Le canal le plus long est le canal postérieur ; ensuite vient le canal supérieur et le canal externe. Sato donne comme chiffres : 18 mm. 6 pour le canal postérieur, 16 mm. 7 pour le canal antérieur, et 14 mm. 8 pour le canal externe.

Ces dimensions justifient les appellations des anciens auteurs : canal majeur, canal mineur, canal minime (Albinus), (Valsalva).

Cette prédominance du canal postérieur au point de vue de la longueur constitue un fait nouveau que nous ne retrouvons que chez les grands anthropoïdes.

Nous n'avons pas calculé les angles que déterminent entre eux les plans des différents canaux, que ce soient ceux d'un

même labyrinthe ou ceux des deux côtés. Ces variations n'ont d'ailleurs qu'un intérêt secondaire, si l'on tient compte qu'au sommet de l'échelle de la série trop de facteurs individuels interviennent pour détruire la symétrie primitive.

La disposition des ampoules a, par contre, retenu notre attention. Les classiques décrivent leur situation topographique de la façon suivante :

L'ampoule du canal semi-circulaire supérieur et celle du canal semi-circulaire externe s'ouvrent sur le toit du vestibule.

L'ampoule du canal semi-circulaire postérieur, au contraire s'ouvre dans l'angle formé par la rencontre de la face postérieur du vestibule avec sa face inférieure.

Bellocq écrit, page 212 de sa thèse : « l'orifice ampullaire « du canal semi-circulaire postérieur occupe l'angle dièdre des « parois postérieure et inférieure. »

Cela revient à dire que l'ampoule du canal postérieur est située au-dessous du plan du canal externe, tandis que les deux autres sont placés sur son plan.

Cela resort des descriptions qu'ont données Testut, Poirier, Sappey, Cruveilhier, Rouvière, parmi les classiques.

Cette disposition des ampoules a été précisée nettement dans la *Gazette des Sciences Médicales de Bordeaux*, en 1900 par Cannieu et Gentès.

De cette disposition des ampoules, notamment de l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur, il résulte que ce dernier canal, pour venir s'ouvrir dans le plancher du vestibule est obligé de croiser le canal externe, comme chez les oiseaux.

C'est bien en effet ce qui se produit, et on peut le constater sur la photographie reproduite dans la figure 12.

A part Vésale, que cite Breschet, en le critiquant d'ailleurs vivement, personne n'a signalé cette disposition, qui est cependant indéniable (1).

Nous l'avons retrouvée dans toutes nos dissections, et par

(1) Gérard a cependant bien noté que le canal postérieur descend au-dessous du canal externe, mais il n'a pas songé à voir dans cette disposition un entrecroisement. (fig. 626. Manuel d'anatomie).

ailleurs, il suffit de se rapporter aux figures et aux schémas des traités classiques pour voir qu'elle y figure. On la voit nettement dan les dessins de Cruveilhier, de Sappey, de Cannieu, de Poirier, de Gérard, de Bellocq.

C'est surtout dans la thèse de ce dernier auteur (1) que cette disposition est le plus apparente. Ses coupes de rocher qui sont

Fig. 12

FŒTUS HUMAIN

En plaçant le canal externe en position horizontale c'est à dire dans sa position normale l'entrecroisement est encore plus évident

très belles sont particulièrement démontratives à cet égard (Cf. figure 65, chiffres 4, 5, 7 et figures 54 et 55).

Enfin nous reproduisons (fig. 13) un chéma d'Augier qui se trouve à la page 277 de la quatrième édition (1931) du Traité de Poirier. Il s'agit de la vue latérale droite exocrânienne d'un temporal d'embryon humain de 139 millimètres, traité par la

(1) Ph. Bellocq. *Contribution à l'étude anatomique de l'oreille interne osseuse chez l'homme adulte.* Toulouse, novembre 1918.

méthode de Spalteholz. On y voit nettement que le plan déterminé par les ampoules fait avec le plan du canal externe un angle de 50 degrés environ.

Cet entrecroisement du canal externe par le canal postérieur s'effectue à l'extrémité du canal externe, tellement en arrière qu'on devrait plutôt dire : le canal postériur croise le plan du canal externe.

C'est peut-être la raison pour laquelle cette disposition a échappé aux auteurs comme nous l'avons déjà signalé (1) et

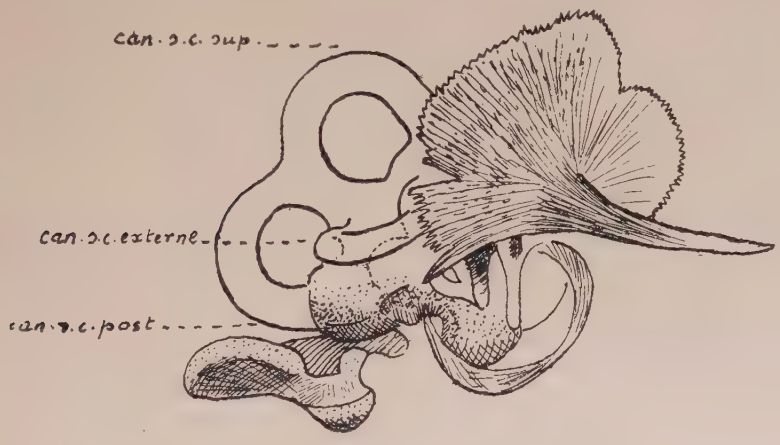


Fig. 13

EMBRYON HUMAIN 138 m/m

Vue latérale droite exocrânienne (méthode de Spalteholz)
d'après Augier, in Poirier (4me édition)

leur a masqué l'analogie qui existe entre la topographie des canaux semi-circulaires de l'homme et ceux des oiseaux.

Le canal postérieur, d'autre part, s'il croise bien le canal externe n'est pas placé immédiatement à son contact. Il existe entre leur lumière une distance qui varie entre 1 et 2 millimè-

(1) Villemin et Beauvieux. *Recherches anatomiques sur la topographie des canaux semi-circulaires et de leurs ampoules chez les vertébrés.* Réunion Biologique de Bordeaux, 17 janvier 1934.

tres. Cette particularité se voit parfaitemnt sur la figure 60 (coupe verticale de rocher) de la *Thèse de Ph. Bellocq*.

Cette disposition générale des ampoules par rapport aux canaux montre qu'on peut déterminer avec les trois ampoules un plan ampullaire qui est incliné comme chez les oiseaux sur le plan du canal externe, et forme un angle avec lui. Cet angle est ouvert en bas et en arrière, et son ouverture est variable suivant les sujets. Il varie avec l'âge, le sexe, la race. Il oscille entre 50 et 75 degrés.

Nos recherches nous ont permis de constater qu'il existe un rapport entre la valeur de cet angle et le type suivant lequel le crâne est construit.

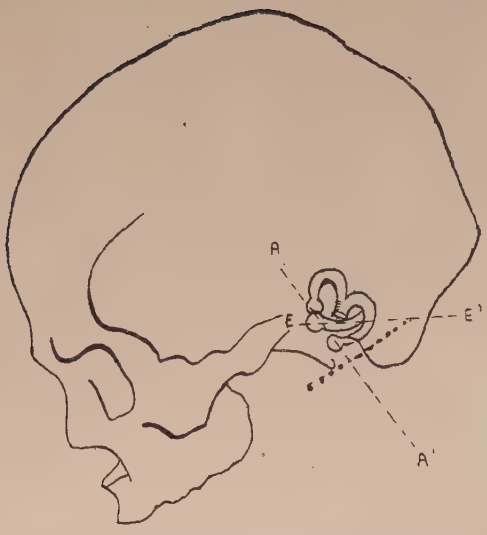
C'est ainsi que chez les sujets dont le crâne est court, l'angle est très ouvert et peut atteindre 80 degrés (fig. 14, A).

Chez les sujets, au contraire, dont le crâne est long, cet angle ne dépasse pas 60 degrés (fig. 14 B).

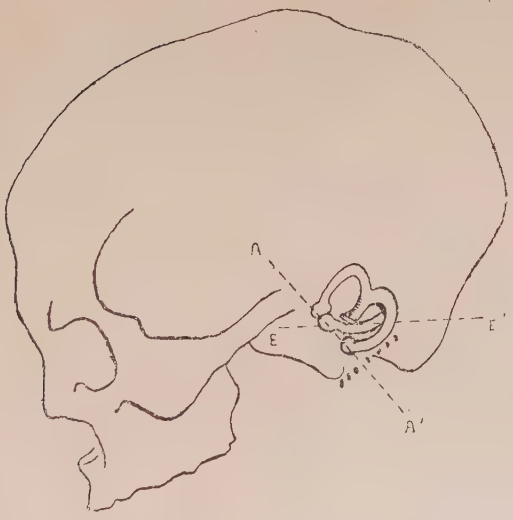
Nous préférons subsistuer les terme de crâne court et de crâne long, dans le cas particulier, aux termes de Brachycéphale et de Dolichocéphales. En effet, et Broca l'a d'ailleurs lui-même signalé, la dolichocéphalie ne traduit qu'un indice, et un crâne dolichocéphale peut n'être pas très long, s'il est, d'un autre côté très étroit. De même la brachycéphalie peut caractériser un crâne long, mais qui serait très large.

Quoi qu'il en soit, qu'on ait affaire à un crâne long ou à un crâne court, et quelle que soit l'obliquité du plan des ampoules sur le plan du canal externe, ce plan ampullaire présente toujours le même rapport avec le plan foraminien. L'angle déterminé par l'intersection de ces deux plans est toujours voisin de l'angle droit.

***



a) **Type crânien court - Angle très ouvert**



b) **Type crânien long - Angle moins ouvert**

Fig. 14

HOMME

LÉGENDE : **A A' Plan ampullaire**
E E' Plan du canal externe

Les Mammifères apparaissent comme un groupe très hétérogène où se retrouvent des dispositions qui caractérisaient les autres groupes de Vertébrés.

Le différences que présentent leurs canaux ne sont pas considérables en ce qui concerne les dimensions. Chez tous les vertébrés, les canaux verticaux sont presqu'égaux, ou bien le canal vertical est légèrement plus long sauf chez certains singes et chez les hominiens, où le canal postérieur est le plus grand, et ils sont tous deux plus développés que le canal externe. Pour former la branche commune d'abouchement dans le vestibule, les deux canaux verticaux sont disposés comme ceux des poissons, et ne présentent jamais la diposition que nous avons trouvée chez les oiseaux.

Par contre, si nous considérons la topographie des canaux et de leurs ampoules, des différences très marquées apparaissent :

Tantôt ils se présentent suivant la disposition que nous avons rencontrée chez les poissons : c'est-à-dire que jamais le canal postérieur ne descend au-dessous du plan du canal horizontal, et le plan constitué par les trois ampoules se confond avec le plan du canal horizontal. Cette disposition est celle des quadrupèdes et de la chauve-souris.

Tantôt ils se rapprochent au contraire de celle qu'ils présentent chez les oiseaux : l'ampoule du canal postérieur est située au-dessous du plan du canal externe. Le canal postérieur descend au-dessous de ce plan : il le croise. A vrai dire, l'entrecroisement n'est pas en tous points analogue à celui qu'on observe chez les oiseaux, car le segment déterminé sur le canal externe est chez ces mammifères réduit au minimum.

On rencontre cette disposition chez les Cercopythèques, les Anthropoïdes et l'homme.

Quoi qu'il en soit, le plan des ampoules ne coïncide plus avec le plan du canal externe, et comme chez les oiseaux ces deux plans forment entre eux un angle. Cet angle varie suivant les espèces, mais il varie aussi suivant les individus. Chez

l'homme, notamment, il est plus marqué chez les sujets à type crânien court où il peut atteindre 70 degrés que chez les sujets à type crânien long, où il ne dépasse pas 50 degrés.

Enfin, chez tous les mammifères, quelle que soit l'orientation du plan des ampoules par rapport au plan du canal externe, que ces deux plans coïncident comme chez les quadrupèdes, ou qu'ils fassent entre eux un certain angle comme chez les singes et l'homme, le plan ampullaire fait avec le plan foraminien un angle voisin de l'angle droit.

Tout se passe comme si les mammifères étaient divisés en deux classes : une pouvant être rapprochée des Poissons, et une pouvant être rapprochée des Reptiles, des Batraciens et des oiseaux, le dernier terme de cette évolution étant donné par l'Homme.

DEUXIEME PARTIE

INTERPRÉTATION DES FAITS

Au cours de l'étude descriptive, nous avons rencontré de multiples variations des canaux semi-circulaires. Ces variations ne nous ont pas paru avoir toutes la même signification.

Les unes sont particulières, dans une même classe, aux espèces. Elles portent sur la longueur d'un canal, sa flexuosité, son rayon de courbure ou encore sur ses dimensions relatives.

C'est ainsi que chez les Poissons le canal antérieur est plus ou moins allongé et forme un angle variable avec le canal postérieur ; que chez les Oiseaux, le canal supérieur se compose de deux segments dont les courbures sont différentes d'une espèce à l'autre. Chez certains Mammifères comme l'Homme et les Anthropoïdes, le canal postérieur est toujours relativement plus long que dans les autres espèces.

Si certaines de ces variations comme celles intéressant l'orientation du canal supérieur chez les poissons peuvent être expliquées par des facteurs morphologiques (mode de développement de la masse encéphalique), la plupart ne paraissent avoir aucun rapport avec le développement des autres organes et on peut se demander , avec Laudenbach (1) et Breschet (2)

(1) Laudenbach. *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 15 septembre 1896

(2) Breschet. *Annales des Sciences naturelles*, seconde série, tome V, Paris, 1836. *Recherches Anatomiques et Physiologiques sur l'organe de l'ouïe des oiseaux*, pages 11 et 15.

si elles ne sont pas l'image morphologique d'une adaptation fonctionnelle propre aux espèces.

D'autres variations s'étendent à toutes les espèces d'une même classe.

C'est ainsi que chez tous les Poissons, chez quelques Batraciens, les poissons, tandis que le canal supérieur est de beaucoup le plu développé chez les oiseaux et qu'il affecte une disposition qui leur est particulière pour former avec le canal postérieur la branche d'ouverture commune dans le vestibule.

Une troisième catégorie de variations, enfin, porte sur des espèces appartenant à des classes différentes.

C'est ainsi que chez tous les poissons, chez quelques batraciens, chez quelques Reptiles et chez la plupart des Mammifères, les canaux semi-circulaires possèdent certains caractères morphologiques qui permettent de définir un type qui leur est commun, tandis que chez les autres Batraciens, chez les autres Reptiles, chez tous les Oiseaux, et chez quelques Mammifères, les caractères se modifient dans un même sens, permettant ainsi d'opposer le type qui en résulte au type des premiers (le canal postérieur croise le canal externe et le plan des ampoules ne coïncide plus avec celui du canal externe mais forme avec lui un angle ouvert en bas et en arrière).

Le fait morphologique qui semble différencier le mieux les deux types, c'est le croisement du canal externe par le canal postérieur, pour aboutir à l'ampoule inférieure.

En réalité ce fait n'est qu'apparent et secondaire ; ce qui est autrement important, c'est le changement d'orientation du plan des ampoules par rapport au plan de ce canal externe.

Nous voudrions, avant d'aller plus loin, montrer tout l'intérêt qui s'attache, dans l'étude de la statistique de la tête, à ce changement d'orientation du plan des ampoules et pour cela il est nécessaire d'indiquer l'importance que prend à ce point de vue, la connaissance précise de la signification de ce plan du canal externe.

C'est ainsi que le canal horizontal est le plus court chez

Lui seul en effet, représente pour toutes les espèces le véritable plan horizontal de la tête.

Broca (1) faisait observer qu'on doit chercher pour plan horizontal du crâne « un plan qui réponde à la double condition « d'être peu éloigné de l'horizontale et d'être peu variable en « soi. »

Or si nous passons en revue tous les plans repères que les auteurs ont proposés comme réalisant le mieux ces conditions nous constatons d'abord qu'aucun autre n'est parfait pour les mammifères, et qu'ensuite aucun n'est applicable à l'ensemble des vertébrés, en dehors du plan du canal externe.

Le plan de Daubenton, le premier en date passait par le bord postérieur du trou occipital (ce point que Broca a plus tard appelé « opisthion ») et par le bord inférieur des orbites (fig. 15, I). Or la position et la situation des orbites ne sont pas du tout constantes et l'opisthion est essentiellement variable et, à l'encontre du « basion », il ne répond à rien de fixe.

L'absence de trous auditifs externes chez les poissons rend impraticable le plan de Camper qui passe par le centre des trous auditifs externes et par l'épine nasale inférieure. La mastoïde et les dents sont trop variables pour qu'on puisse utiliser le plan de Blumenbach qui considérait la tête comme horizontale quand elle repose sur ces formations. On ne saurait retenir les plans de Busk et de Ch. Bell qui sont déterminés par des points trop inconstants, pas plus que celui de Barclay qui nécessite l'existence de la face.

Quant au plan de Baer l'inconstance de la ligne zygomatique qu'il fait intervenir l'écarte d'emblée, chez les poissons, les reptiles et les oiseaux.

Le plan de Broca mérite plus d'attention.

Broca reprit en 1861 l'idée de Helmholtz (1) qui disait :

« On peut considérer comme position naturelle de la tête

(1) Broca. *Sur le plan horizontal de la tête et sur la méthode trigonométrique. Mémoires d'anthropologie*, tome IV, page 400. 1883.

(1) Helmoltz. *Optique physiologique*. Paris 1867. Page 598.

« celle qu'on prend lorsque le corps est droit, et que les re-
« gards sont dirigés vers l'horizon. »

Broca s'avisa alors « que la tête est horizontale lorsqu'elle
« prend son équilibre naturel sur la colonne vertébrale et que
« l'homme debout regarde droit devant lui (2). »

« ...la direction du regard (3) est le seul caractère auquel on
« puisse reconnaître, sur le vivant que la tête est horizontale. »

C'est la première fois qu'on envisageait un plan « physiologique » et Broca chercha quelles étaient les formations morphologiques qui correspondaient le mieux à ce plan. Il choisit le plan alvéolo-condylien, plan qui est tangent à la face inférieure des deux condyles occipitaux et qui passe par le milieu du bord alvéolaire (fig. 15 II). Ce plan est imparfait, même chez l'homme par suite des variations très importantes d'ordre pathologique ou simplement morphologique (1) que présentent les condyles occipitaux et le rebord alvéolaire ; à plus forte raison dans la série des vertébrés.

De plus, le regard des animaux est très difficile à établir comme la faisait observer Schaaffhausen « Dès lors une ligne
« anatomique entre deux points du crâne humain, qui pour-
« rait indiquer la position horizontale dans laquelle le crâne
« repose sur la colonne vertébrale, n'existe pas comme une
« ligne valable pour tous les crânes et pour toutes les races...
« Au lieu de prendre les mesures des crânes sur *la base d'une*
« *ligne acceptée comme horizontale, il nous faut chercher et*
« *marquer la véritable ligne horizontale d'un crâne, et ainsi,*
« *repérer un signe nouveau et important pour la connaissance*
« *du degré de développement d'un crâne.* » (1)

C'est Girard qui a indiqué le premier, semble-t-il, que le canal externe remplissait ces conditions :

---

(2) Broca. *Sur les projections de la tête* (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 1re série, tome III, page 518). — 1862.

(3) Broca. *Mémoires d'anthropologie*, tome I, page 82.

(1) H. Conte. *Recherches sur les variations des condyles occipital chez l'homme adulte*. Thèse Bordeaux 1932-33.

(1) Discussion au sujet de l'horizontale du crâne proposée par Broca. *Bulletin de la Société d'anthropologie*, 3e série, tome I, 1878, p. 343-359.

« Sur toute nos préparations de crâne de fœtus à terme, « d'enfant, et d'adulte, nous avons observé que la direction « du canal horizontal est sensiblement parallèle au plan géné- « ral de la base du crâne. Ce plan fait avec la ligne zygoma- « tique généralement adoptée comme repère pour l'anatomie « du crâne un angle variant entre 15 et 25 degrés. C'est pour « cela que les auteurs disent que le canal horizontal n'est pas « horizontal, et c'est à tort, croyons-nous, car nous pensons, « quant à nous, que l'attitude normale du canal semi-circu- « laire horizontal est de se trouver exactement dans le plan « de l'horizon que d'ailleurs il a pour fonction de nous faire « connaître, si l'on en croit la physiologie (2). »

Fernando Perez a bien mis au point cette question.

« La détermination du plan horizontal du crâne, dit-il, « préoccupe depuis plus d'un siècle les anatomistes et les an- « thropologistes. Ils se sont mis d'accord sur le plan de Franc- « fort comme une vérité scientifiquement démontrée ; mais la « convention de Francfort n'a pas défini scientifiquement l'at- « titude normale de la tête. Les otologistes enseignent, en effet, « que le canal semi-circulaire externe n'est pas horizontal, at- « tendu qu'il fait avec le plan de Francfort un angle de 28 à « 37 degrés. Je ne parviens pas à comprendre pourquoi ils ne « soutiennent pas le contraire ; c'est-à-dire que ce n'est pas « le plan de Francfort qui est horizontal, mais bien le canal « externe, puisqu'il fait avec celui-ci un angle de 28 à 37 de- « grés. »

Fernando Perez définit l'attitude normale : « Elle ne peut « être que l'attitude de repos. Elle devient l'attitude caracté- « ristique de l'animal puisque c'est à elle que l'animal ramène « toujours sa tête après chaque déplacement. »

Fernando Perez rattache à ses observations la constatation d'un fait morphologique :

« Si on place, chez tous les mammifères, le canal semi-circu-

(2) Girard. *Essai d'anatomie chirurgicale du labyrinthe.* (*Archives internationales de laryngologie, d'otologie et de rhinologie*, tome 31, 1911).

« laire externe en position horizontale, on donne par cela « même au crâne, l'attitude caractéristique de l'espèce, c'est- « à-dire l'attitude normale du repos physiologique. »

C'est ce plan déterminé par la combinaison de ceux des deux canaux externes, car ceux-ci ne se confondent pas toujours, que F. Perez appelle *Plan Vestibien*, et qu'il propose comme repère anatomique de la ligne horizontale du crâne pour tous les mammifères (fig. 15, IV).

Dans nos recherches, nous l'avons adopté pour tous les vertébrés, parce que, chez tous, le canal externe existe, et qu'en dehors de lui, comme nous l'avons indiqué, on ne trouve aucun point de repère qui soit applicable à toutes les classes.

Nous tenons toutefois à préciser que sous la dénomination de « plan vestibien » nous ne tenons compte que du plan d'un seul canal horizontal.

Nous avons pensé, en effet, que le décalage entre les plans des deux canaux horizontaux n'était pas tel que cette cause d'erreur fût considérable, car en étudiant les Vertébrés les moins évolués, les Poissons par exemple, nous avons constaté que ce décalage finit par disparaître, et que les plans des deux canaux externes n'en constituent plus qu'un, tellement la symétrie, aux derniers échelons, se trouve parfaitement réalisée.

Valeur de l'angle vestibio-ampullaire

Mugil capito	nul	Lepus caniculus	nul
Gadus merlangus	—	Ovis	—
Trachinus draco	—	Pletocus auritas	—
Chrysophris aurata	—	Zamenis atrovirens	—
Labrax lupus	—	Rana esculenta (Têtard).	—
Tinca vulgaris	—	Testudo Gracca	10°
Scomber Scombrus	—	Rana esculenta (adulte).	10°
Poisson lune	—	Anser	20°
Pleuronectes rhombus ..	—	Anas	30°
Pleuronectes Solea	—	Rapace (?)	40°
Gadus merluccus	—	Numida	40°
Murena anguilla	—	Cercopythèque	40°
Scorpaena porcus	—	Accipiter	45°
Cyprinus carpio	—	Palumba	45°
Trigla luricudo	—	Columba dom.	45°
Esox lucius	—	Turtur	45°
Lutra	—	Sterna	45°
Felis domest.	—	Gallus	50°
Felis domest. (nouv.-né)	—	Scolopax	50°
Mus	—	Gallinula	50°
Mus musculus	—	Gorilla Gina	50°
Canis	—	Homme :	
Lepus europaens	—	Crâne long	55° à 60°
		Crâne court	75° à 80°

Le tableau montre les rapports entre le plan ampullaire et le plan vestibien dans toutes les classes de vertébrés.

Il indique avec une grande évidence que dans les espèces chez lesquelles le plan des ampoules ne coïncide plus avec le plan vestibien, les valeurs de l'angle formé par ces deux plans ne sont pas des valeurs constantes chez toutes les espèces. On passe en effet par tous les intermédiaires pour arriver à la valeur maxima qui caractérise l'orientation du plan ampullaire chez l'homme.

Cette seule constatation permet de penser que les variations dans la disposition du canal postérieur par rapport à l'externe et dans l'orientation des ampoules par rapport au plan horizontal de la tête sont soumises à des lois générales de l'évolution.

C'est ce qui nous a amenés à rechercher les facteurs morphologiques qui peuvent en expliquer la genèse.

Lorsque l'orientation du plan des ampoules se modifie au point d'entraîner entre le plan qu'elles forment et celui du canal horizontal un certain angle, elles effectuent une sorte de redressement variable suivant les espèces.

Or, nous avons vu, dans le chapitre précédent, que quelles que soient les espèces, le plan ampullaire présente des rapports constants avec le plan du trou occipital : il forme avec lui un angle voisin de l'angle droit.

On peut donc penser qu'ils ont une évolution simultanée.

On sait en effet que la position et orientation du trou occipital varient chez les mammifères, comme l'ont montré successivement Daubenton, Broca et Fernando Perez, en prenant chacun comme repère le plan qu'il avait proposé comme repère de la ligne horizontale de la tête.

Pour Daubenton, c'est, nous le rappelons, la ligne qui joint le milieu du bord postérieur du trou occipital au rebord inférieur de l'orbite, qui représente l'horizontale du crâne. L'angle qu'elle fait avec celle qui réunit le milieu du bord antérieur et celui du bord postérieur du trou occipital mesure l'inclinaison du trou sur l'horizontale (fig. 15, I).

Chez les bipèdes cet angle est presque nul ; chez les quadrupèdes il augmente jusqu'aux environs de l'angle droit.

Broca substitua au plan de Daubenton un autre repère. Il mesura l'inclinaison du trou occipital à partir d'une ligne qui allait de l'opisthion à la racine du nez. C'était le second angle orbitaire ou angle de Broca (fig. 15, II). Trouvant le l'opisthion est un point de repère trop variable, Broca lui substitua le basion, et il prit comme nouveau plan de repère le plan qui

passe par le basion et la racine du nez. C'est l'angle *Basilaire*. (fig. 15, III).

Fernando Perez, enfin, étudie les variations du plan du trou occipital, qu'il appelle foraminien, par rapport au plan des canaux horizontaux (fig. 15, IV).

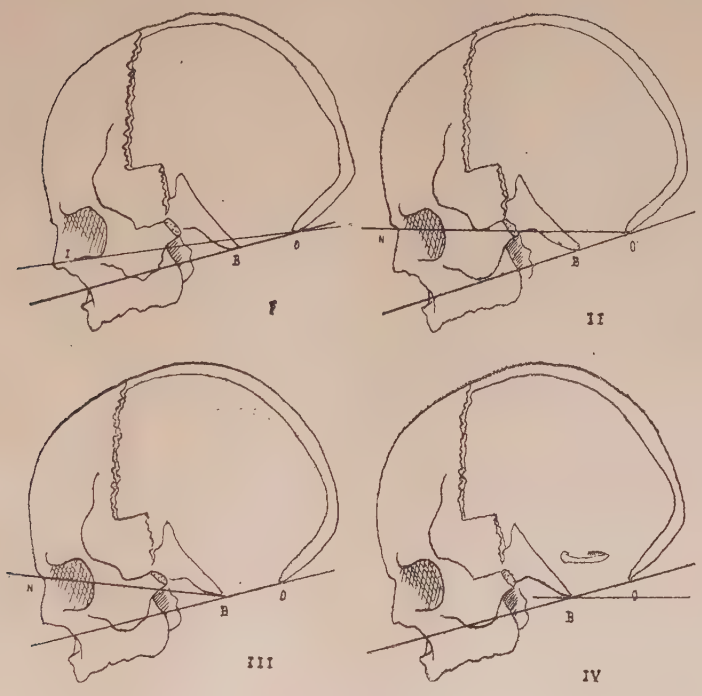


Fig. 15

I. Angle de Daubenton. II. Angle orbito-occipital de Broca.
III. Angle basilaire de Broca. IV. Angle vestibio-foraminien de Fernando Perez
LÉGENDE: **B. basion. O. opisthion. N. repère nasal de Broca. I. rebord inférieur de l'orbite**

Il mesure ainsi le déplacement du trou occipital de la station quadrupède à la station verticale avec plus de précision que n'en avaient apporté Daubenton et Broca, car en indiquant la

position et la direction du trou occipital par rapport au canal externe, il l'indique par rapport au véritable plan horizontal de la tête.

Ses mensurations montrent que, chez l'homme, l'angle n'est pas considérable : il oscille suivant les races entre 6 et 25 degrés et chez le gorille il mesure 38 degrés.

Par contre, il augmente chez les mamifères quadrupèdes où il oscille dans la majorité des cas entre 77 et 108 degrés.

Nous avons pensé à prendre les mêmes mensurations chez tous les Vertébrés, en prenant comme repère le plan vestibien, puisque, comme nous l'avons indiqué, le canal externe existe chez tous, et demeure le seul plan applicable à tous les individus.

Or, l'idée nous étant venue de comparer les variations de l'angle vestibio-ampullaire que nous avions déterminé nous-mêmes avec celles de l'angle vestibio-foraminien déterminé par Perez chez certains mammifères, nous avons été frappés par la relation qui existe entre ces deux angles.

Ils évoluent en sens inverse, mais suivant un rapport constant, entre leurs deux valeurs extrêmes :

C'est ainsi que l'angle vestibio-ampullaire, qui est nul chez les mammifères quadrupèdes où ces deux plans coïncident, augmente jusqu'à 75 degrés chez l'homme, tandis que le plan vestibio-foraminien de Perez, qui est de 25 degrés chez l'homme, devient presque droit chez les mammifères quadrupèdes.

Une telle concordance parle d'elle-même :

Nous avons à de nombreuses reprises insisté sur le rapport constant qui existe chez toutes les espèces de vertébrés entre le plan des ampoules et le plan du trou occipital : ils sont à pu près perpendiculaires et forment un angle voisin de l'angle droit.

On conçoit dès lors, que, constituant avec ce dernier angle un triangle rectangle, les deux angles précités soient complé-

mentaires, et varient en sens inverse l'un de l'autre, mais suivant un rapport constant.

C'est pourquoi nous avons estimé qu'il n'était pas nécessaire de déterminer l'angle de Perez chez tous les vertébrés pour apprécier la position et la situation de leur trou occipital.

Il nous a suffi de calculer pour chacun d'eux quel est l'angle complémentaire de l'angle vestibio-ampullaire que nous avions déterminé précédemment (fig. 14).

Ce calcul nous a donné le tableau suivant :

	Angle vestibio-ampullaire	Angle vestibio-foraminien
Mugil capito	voisin de 0°	voisin de 90°
Gadus Merlangus	»	»
Trachinus draco	»	»
Chrysophris aurata	»	»
Labrax lupus	»	»
Tinca vulgaris	»	»
Scobier Scombrus	»	»
Esox lucius	»	»
Pleuronectes rhombus	»	»
Pleuronectes solea	»	»
Gadus merlucius	»	»
Murena anguilla	»	»
Scorpaena porcus	»	»
Cyprinus carpio	»	»
Atturius bearnensis	»	»
Lutra	»	»
Felis domesticus	»	»
Felis domesticus (nouveau-né)	»	»
Mus	»	»
Mus musculus	»	»
Lepus europacus	»	»
Lepus canalic	voisin de 0°	voisin de 90°
Talpa europaea	»	»
Plecotus auritus	»	»
Zamenis atrovirens	»	»
Rana Esculenta (Têtard)	»	»
Testudo graeca	10°	80°
Rana esculenta (adulte)	10°	80°

(Suite)

Anser	20°	70°
Anas	30°	60°
Rapace (?)	40°	50°
Numida	40°	50°
Cercopythecus	40°	50°
Accipita	45°	45°
Columba domest.	45°	45°
Sterna	45°	45°
Gallus	50°	40°
Scolopax	50°	40°
Gallinula	50°	40°
Gorilla Gina	50°	40°
Homme :		
Crâne long	55° à 60°	30° à 35°
Crâne court	75° à 80°	15° à 20°

Ce tableau montre très nettement que tous les vertébrés peuvent prendre place dans le tableau des degrés d'inclinaison du trou occipital que Perez avait établi pour les mammifères ; ceux-ci étant représentés par les termes extrêmes qui correspondent à la station la plus horizontale (Quadrupèdes) et à la station la plus verticale (Homme).

Il apparaît maintenant que les variations dans l'inclinaison du trou occipital sont liées à des conditions de statique axiale, et que son orientation change à mesure que la colonne vertébrale se redresse.

Chez les vertébrés dont la colonne vertébrale est horizontale, le trou occipital est vertical et frontal (poissons et quadrupèdes).

Chez ceux au contraire dont la colonne vertébrale n'est plus horizontale, le trou occipital n'est plus vertical. Il demeure frontal, mais il s'incline vers l'horizontale (batraciens, oiseaux, singes, homme).

Nous avons montré plus haut que les variations de l'angle qui mesure l'inclinaison du tron occipital vers l'horizontale (angle vestibio-foraminien de Perez) sont liées à celles de l'an-

gle vestibio-ampullaire par une relation géométrique : ces deux angles sont complémentaires.

Connaissant le premier, on peut dont déterminer le second, et comme l'angle vestibio occipital mesure l'inclinaison du trou vers l'horizontale, c'est l'angle vestibio-ampullaire qui se trouve par conséquent mesurer le redressement de la colonne vertébrale.

Chez les vertébrés dont la station est horizontale, le plan de la tête et le plan de l'axe squelettique sont dans le prolongement l'un de l'autre : le plan des ampoules coïncide alors avec ce qui représente dans le crâne le plan horizontal de la tête : le plan ampullaire et le plan vestibien se superposent.

Chez les vertébrés au contraire, dont la station n'est pas horizontale, l'axe de la colonne vertébrale n'est plus dans le prolongement du plan horizontal de la tête mais fait avec lui un angle ouvert en bas et en arrière. Le plan des ampoules ne coïncide plus avec le plan vestibien, mais fait avec lui angle de même valeur qui mesure le redressement de la colonne vertébrale sur l'horizontale.

En somme, il semble que l'orientation du plan ampullaire soit toujours en relation directe avec la direction générale de l'axe squelettique : Tout se passe comme si le plan des ampoules prolongeait dans le crâne la direction de la colonne vertébrale et variait à mesure qu'elle varie.

On comprend maintenant d'où proviennent alors les modifications de topographie des canaux verticaux, surtout du canal postérieur, dont la disposition avait primitivement attiré notre attention.

Les canaux ne font qu'adapter leur courbure aux conditions que leur impose la topographie variable des ampoules par rapport au canal horizontal.

APPLICATION A L'ANTHROPOLOGIE

Nous avons vu dans la première partie de notre travail que des types humains pouvaient être établis d'après la variabilité de leur angle vestibio-ampullaire.

Nous avons indiqué que l'angle vestibio-ampullaire est plus ouvert chez les sujets dont le crâne est construit suivant le type court que chez les sujets dont le crâne présente un type allongé.

L'explication que nous venons de donner de la signification du plan ampullaire permet de penser qu'il existe également chez l'homme des conditions de statique axiale légèrement différentes.

Depuis longtemps déjà, les auteurs ont d'ailleurs signalé que le trou occipital n'occupe pas une situation fixe chez l'homme et que son orientation varie suivant les races.

C'est ainsi que dans les races les moins évoluées, comme les Tasmaniens et les nègres d'Afrique, il est plus postérieur et plus relevé que chez les Aryens.

Bien que Topinard semble nier que la dolichocéphalie soit en rapport avec les positions reculées et hautes du trou occipital, il semble bien pourtant que ce trou soit plus postérieur et plus vertical dans les crânes à forme allongée que dans les crânes courts.

A ce sujet nous rappellerons ce que nous avons déjà indiqué concernant les Poissons : Broca a fait remarquer que les

termes dolichocéphalie et de brachycéphalie peuvent être employés dans une pensée inexacte :

« Ces deux expressions se rapportent exclusivement à la « longueur du diamètre antéro-postérieur, tandis que la forme « du crâne ne dépend nullement des dimensions absolues de « ce diamètre, mais seulement de ses dimensions relatives, et « de même qu'un crâne très arrondi peut être très long, un « crâne très allongé peut être très court. ».

Par conséquent, nous abandonnons les termes de dolichocéphale et brachycéphale et nous dirons que c'est dans les crânes *longs* que le trou occipital est plus relevé et plus postérieur que dans les crânes *courts*.

La relation que nous avons montrée entre le plan des ampoules et le plan du trou occipital permet, comme elle l'avait fait pour tous les Vertébrés, de comprendre les variations de topographie des canaux semi-circulaires que présente l'Homme d'après le type suivant lequel son crâne est construit.

L'angle vestibio-foraminien étant plus ouvert chez les sujets à crâne court, leurs canaux présentent un entrecroisement plus marqué que ceux des sujets à crâne long, chez lesquels le plan ampullaire est plus rapproché du plan vestibien (fig. 14, A et B).

Il serait intéressant de reprendre toute l'étude de l'oreille interne en tenant compte de ces faits, et de rechercher, en prenant comme plan horizontal de la tête le plan vestibien de Fernando Perez au lieu du plan de Broca ou de Francfort, quelle est la signification de ces vestibules rectangulaires ou étirés, en position droite ou oblique, que Bellocq a signalés dans sa Thèse.

Il semble que dans ces différentes formes, la position des ampoules intervienne. En déterminant en effet la situation réciproque des orifices du canal postérieur, Bellocq montre « qu'ils sont, dans les vestibules en position droite, directe- « ment placés au-dessus l'un de l'autre, alors que dans les

« vestibules en position oblique, l'orifice ampullaire est plus « en avant que l'orifice non ampullaire. » (1)

Nous ignorons dans quelles conditions de statique Bellocq a étudié le rocher, mais si l'on place le canal externe dans la position horizontale qui est sa position véritable, on s'aperçoit que chacune des dispositions indiquées par Bellocq correspond à un type crânien différent.

En effet, dans les cas où l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur se trouve dans le plan frontal qui passe par l'orifice non ampullaire, on s'aperçoit que l'angle vestibio-ampullaire est peu ouvert, et qu'on a affaire à un crâne dont le trou occipital est postérieur et très oblique, c'est-à-dire à un crâne long (fig. 14 B).

Dans le cas, au contraire où, toujours en position de Perez, on trouve l'ampoule du canal postérieur en avant du plan frontal passant par l'orifice dépourvu d'ampoule, on constate que l'angle vestibio-ampullaire est très ouvert, que le trou occipital est presque horizontal, et qu'il s'agit par conséquent d'un crâne court (fig. 14 A).

On peut alors se demander si les vestibules en position droite ne seraient pas le propre des crânes courts, alors que les vestibules en position oblique caractériseraient les crânes longs.

(1) Bourguet, en 1905, avait déjà attiré l'attention sur la topographie variable de l'ampoule du canal postérieur par rapport à l'orifice dépourvu d'ampoule du canal externe. (*Anatomie chirurgicale du labyrinthe*).

DONNEES EMBRYOLOGIQUES

On peut se demander comment s'accomplit, au cours du développement, l'évolution de cette partie du labyrinthe, vers une constitution définitive aussi dissemblable suivant les espèces.

Jusqu'à présent, nous avons pris comme point de repère fixe le canal externe ; mais il ne s'agissait que d'un repère topographique.

Nous allons étudier maintenant la façon dont se comportent les différents éléments au cours de l'évolution ontogénique.

D'un côté, nous le rappelons, les ampoules constituent un plan perpendiculaire au plan du trou occipital, dans l'unanimité des espèces. D'un autre côté, le canal externe est toujours placé dans une position horizontale.

Les premiers éléments sont variables ; le second est toujours fixe.

L'ensemble apparaît comme constitué de deux parties : Un bloc formé par les deux canaux verticaux et par les trois ampoules, dont la direction générale est déterminée par celle de l'axe du corps, et qui varie suivant les espèces, et d'autre part le canal externe dont l'orientation invariable détermine avec le bloc précédent des rapports variables.

Si l'on considère ces différents éléments au point de vue embryogénique, on voit qu'ils se développent en effet par des point d'ossification différents, et que la date d'apparition de ces points correspond bien à la division que nous venons de proposer.

Les travaux de Vrôlik ont été confirmés par Augier et c'est du tableau que ce dernier auteur a établi dans l'édition de 1931 du Traité de Poirier que nous avons extrait les données suivantes :

DATE D'APPARITION
DES POINTS D'OSSIFICATION DES CANAUX

Age	Longueur en mm.	Points d'ossification
Fin 3e mois	110 mm.	Centre cochléo canaliculaire.
	117 mm.	Centre canaliculaire antérieur (prootique de Vrölik).
Fin 4e mois	130 mm.	Centre canaliculaire post.
	134 mm.	Centre du canal semi-circulaire postérieur.
	150 mm.	Centre moyen du canal semi-circulaire supérieur.
Fin 5e mois	166 mm.	Centre moyen du canal semi-circulaire externe.

et, page 280 : « le canal semi-circulaire externe n'est dessiné « qu'à partir du stade de 180 millimètres. »

On voit par conséquent, que le canal externe apparaît le dernier, comme le notait déjà Kolliker.

Une telle particularité n'est pas sans surprendre a priori, et il faut admettre qu'elle a une signification.

Augier indique (1) « qu'on pourrait s'attendre à voir naître « à une même époque les diverses parties d'un même organe « sensoriel. » Et plus loin (2), il écrit : « Il y a bien des faits « incompréhensibles dans cette suite d'apparition des centres « osseux du crâne : il y a certainement des facteurs héréditai- « res qui déterminent dans une certaine mesure l'ordre d'ap- « parition des points d'ossification. »

Il nous a semblé que cette apparition tardive du canal externe pourrait bien être la clef de toutes les dispositions variables du système.

Le système ampullaire étant étroitement lié à l'axe du corps apparaîtrait en même temps que lui et dans la même situation, entraînant avec lui la position des canaux verticux. Ce n'est

(1) Augier *in Poirier. Traité d'anatomie humaine*, 4e édition, 1931, page 138.
(2) Augier, *loc. cit.*, p. 139

qu'ensuite, qu'apparaîtrait le canal externe, et le fait que sa position définitive est invariablement l'horizontale, expliquerait comment, une fois tout le système disposé, il se place à ce moment sur le plan horizontal, établissant par cela même, les variations terminales que nous n'avons cessé de rencontrer.

Benoit-Gonin et Laffitte-Dupont avaient observé ce changement de rapports du canal externe, mais ils ne purent en tirer aucune donnée précise dans leur note à la Société de Biologie, sur « *la Destinée du canal semi-circulaire externe dans le pas-* « *sage de la station quadrupède à la station debout.* » parce qu'ils ne le plaçaient pas dans sa position véritable et au contraire croyaient que c'est lui qui est variable.

Dans la position physiologique normale, c'est-à-dire dans la position de repos, ce canal semi-circulaire traduit la position horizontale de la tête. C'est dans cette position seulement que peuvent apparaître, dépourvues de leurs adaptations aux modifications dynamiques passagères, les relations morphologiques dans leur pureté absolue.

Ainsi se trouve illustrée la prévision de F. Perez :

« La crânologie vestibienne offre aux chercheurs un nouveau « champ d'études, vaste et fécond. »

CONCLUSIONS

I. — Les canaux semi-circulaires se présentent chez tous les Vertébrés suivant un type général identique : ils sont au nombre de trois, munis chacun d'une ampoule.

Ces trois canaux sont disposés de la façon suivante : deux sont verticaux, un antérieur, l'autre postérieur; le troisième est horizontal, externe par rapport au plan sagittal de la tête.

Les ampoules sont situées : celle du canal antérieur et celle du canal externe à l'extrémité nasale du canal correspondant, celle du canal postérieur à son extrémité caudale. Les extrémités dépourvues d'ampoule des canaux verticaux se joignent pour s'ouvrir dans le vestibule par une branche commune.

Première partie : Anatomie descriptive

II. — Cette disposition générale subit des variations de détail suivant les espèces de vertébrés et ces variations portent tantôt sur la forme et la dimension des éléments constituant le système, tantôt sur leur topographie.

Poissons.

III. — Chez les poissons, le canal antérieur est toujours le plus grand ; vient ensuite le canal postérieur, puis le canal externe.

Les deux canaux verticaux d'un même côté sont perpendiculaires au canal externe. Les deux canaux postérieurs forment entre eux un angle constant voisin de l'angle droit, tandis que les deux canaux antérieurs forment entre eux un angle variable. Il en résulte que l'angle latéral formé par les plans des canaux verticaux d'un même côté est également variable.

Ces variations paraissent liées aux variations de la masse encéphalique : quand les dimensions transversales de celles-ci l'emportent sur ses dimensions antéro-postérieures, les canaux verticaux d'un même côté forment entre eux un angle presque droit; quand ce sont les dimensions en longueur de la masse encéphalique qui prédominent, l'angle formé par les canaux est obtus.

Le plan déterminé par les trois ampoules d'un même côté se superpose, chez tous les poissons, au plan du canal horizontal.

Il fait, d'autre part, avec le plan du trou occipital (ou plan foraminien), un angle constant pour toutes les espèces de Poissons et qui mesure environ 90°.

Reptiles et Batraciens

IV. — Quelques Batraciens et quelques Reptiles reproduisent à peu près exactement le type des Poissons. D'autres, par contre, présentent une modification qui porte sur la topographie de l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur. Cette ampoule est, chez les Chéloniens et chez les Batraciens adultes, située au-dessous du plan du canal semi-circulaire horizontal.

Il apparaît alors l'ébauche d'un entrecroisement du canal externe par le canal postérieur; et le plan déterminé par les ampoules ne se superpose plus à celui du canal horizontal : il fait avec lui un angle, qui mesure une dizaine de degrés, ouvert en bas et en arrière.

Le plan ampullaire présente un rapport constant avec le plan du trou occipital qu'il croise suivant un angle très voisin de l'angle droit.

Oiseaux

V. — On rencontre chez les oiseaux des modifications considérables. Ces modifications portent sur la forme, la dimension, et la disposition des canaux semi-circulaires, ainsi que sur la topographie de leurs ampoules.

Le canal antérieur est toujours le plus grand, mais le canal externe s'est considérablement développé et sa longueur l'emporte sur celle du canal postérieur.

Ce développement considérable du canal antérieur entraîne une topographie des canaux nouvelle : le canal antérieur passe en effet en arrière du plan du canal postérieur et se trouve ainsi constitué de deux segments que détermine son intersection par le plan du canal postérieur : ces deux segments ont une forme et une courbure variable suivant les espèces; mais chez tous, le canal antérieur aborde le canal postérieur par sa partie caudale et non plus par sa partie nasale, comme chez les Poissons, les Reptiles et les Batraciens.

Chez tous les Oiseaux, le canal postérieur croise le canal horizontal. Cet entrecroisement détermine la division de chaque canal en deux segments. Les deux segments du canal postérieur sont presque égaux, mais les deux segments du canal horizontal sont constamment inégaux. Le segment antérieur est toujours le plus long, et les variations individuelles portent sur le segment postérieur.

L'ampoule du canal semi-circulaire postérieur est placée nettement au-dessous du plan du canal horizontal. Il s'ensuit que le plan ampullaire fait un angle marqué avec le plan du canal horizontal. Cet angle, ouvert en bas et en arrière varie suivant les espèces entre 20 et 50°.

Mammifères

VI. — Chez les Mammifères, les canaux semi-circulaires ont à peu près la même longueur réciproque. Chez les quadru-

pèdes, toutefois, le canal antérieur est un peu plus long que les autres, tandis que chez les Singes et chez l'Homme, le canal postérieur tend à prendre une prédominance de plus en plus marquée.

Au point de vue de la topographie des canaux semi-circulaires, on peut diviser les mammifères en deux catégories : la première comprend les Quadrupèdes et les Cheiroptères ; la seconde comprend les Singes et l'Homme.

La première catégorie présente une disposition analogue à celle qu'on a rencontrée chez les Poissons : le plan déterminé par les ampoules se superpose au plan du canal horizontal, et les canaux semi-circulaires ne s'entrecroisent pas.

La deuxième catégorie présente une disposition qui se rapproche de celle des Oiseaux : le plan des ampoules ne coïncide pas avec le plan du canal horizontal. Il fait, avec lui, un angle ouvert en bas et en arrière et qui varie entre 40 et 70°. Le canal postérieur croise le canal externe, très en arrière sur sa courbure.

Dans les deux cas, le plan des ampoules fait, chez les Mammifères, un angle presque droit avec le plan du trou occipital.

Deuxième partie .— Discussion des faits.

VII. — Le plan du canal horizontal (décrit par Fernando Perez chez les mammifères, sous le nom de plan vestibien et qui constitue le seul plan repère anatomique de l'horizontale de la tête) est le seul applicable à tous les Vertébrés.

En partant de ce plan repère, on démontre que l'angle vestibio-ampullaire augmente chez les Vertébrés depuis les Poissons et les Mammifères quadrupèdes jusqu'à l'Homme où il atteint son maximum.

VIII. — D'un autre côté, le trou occipital change de situation et de position suivant les Vertébrés. Il s'incline progressivement de la verticale vers l'horizontale depuis les Poissons et les Mammifères jusqu'à l'Homme, et l'angle vestibio-fora-

minien qui mesure cette inclinaison, décroît des Poissons et des Mammifères quadrupèdes à l'Homme, où il atteint son minimum.

IX. — Le rapport du plan des ampoules avec le plan du trou occipital, rapport qui est constant chez tous les Vertébrés, montre que les deux angles, vestibio-ampullaire et vestibio-foraminien, sont liés par une relation géométrique : ils sont complémentaires, et leurs variations sont solidaires : ils varient en sens inverse entre les mêmes limites.

Etant donné que le plan vestibio-foraminien mesure l'inclinaison du trou occipital sur l'horizontale, son angle complémentaire, l'angle vestibio-ampullaire, se trouve mesurer le redressement de la colonne vertébrale sur l'horizontale.

Il semble alors que le plan des ampoules prolonge dans la tête le plan de la direction générale de la colonne vertébrale, tandis que le plan du canal horizontal représente le plan horizontal de la tête.

X. — Grâce à ces notions, on peut expliquer les types de disposition des canaux semi-circulaires qu'on rencontre chez les vertébrés de la façon suivante :

a) Chez les Vertébrés dont la colonne vertébrale est horizontale (Poissons, Mammifères, Quadrupèdes, Chéiroptères, certains Reptiles et certains Batraciens), le plan horizontal de l'axe vertébral est dans le prolongement du plan horizontal de la tête. Leur représentation anatomique dans le crâne (plan des ampoules pour le premier, canal horizontal pour le second) se superposent, et les canaux ne s'entrecroisent pas.

b) Chez les Vertébrés dont la colonne vertébrale n'est plus horizontale (certains Reptiles, certains Batraciens, les Oiseaux et certains Mammifères), le plan de l'axe vertébral ne coïncide plus avec le plan horizontal de la tête, mais fait avec lui un angle variable suivant les espèces, qui n'est autre que l'angle

vestibio-ampullaire, et les canaux postérieur et externe s'entrecroisent.

XI. — Ces données sont également applicables aux différents types humains : A mesure que le crâne se raccourcit, l'angle vestibio-foraminien diminue et l'entrecroisement des canaux s'accentue.

L'embryologie semble confirmer les données de l'anatomie comparée.

Les canaux semi-circulaires et leurs ampoules se développent en deux étapes qui différencient dans l'ensemble du système deux blocs :

Un premier comprend les deux canaux verticaux et les ampoules. Il est toujours lié à la direction générale du squelette axial, et son orientation est variable avec les espèces.

Le second est représenté par le canal externe qui apparaît le dernier et prend toujours la position horizontale; c'est-à-dire une situation invariable, quelle que soit la position du premier.

Vu, Bon a imprimer :
LE Président,
F. VILLEMIN.

Pour le Doyen :
Vu :
Le Doyen,
L'Assesseur,
J. GUYOT.

Vu et Permis d'Imprimer :
Bordeaux, le 17 février 1934.
Le Recteur de l'Académie,
A. TERRACHER.

BIBLIOGRAPHIE

Albinus. — B. S. Albini academiarum annotationum leidae 1754.

Balfour. — Embryologie et organogénie comparées, tome II, traduit de l'anglais par A. Robin. (Baillières, Paris, 1883).

Barclay. — Edinburgh Encyclopedia. Art. craniometry, vol. VI, p. 320, 1813.

Beaunis et Bouchard. — Nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie. 5e édition, 1894. J.-B. B., éd., Paris.

Bell. — Diss. inaug. de forma ossium gentilitia. Edimbourg, 1809.

— The anatomy of the expression, 4e édition, Londres 1847.

Blandin. — Anatomie topographique, 2e édition. Baillière, éd., Paris 1834.

Bellocq. — Contribution à l'étude anatomique de l'oreille interne osseuse chez l'homme adulte. Thèse de Toulouse, 1918.

— Démonstration portant sur l'oreille interne osseuse chez l'homme adulte et le nouveau-né. (*Comptes-rendus de l'Association des Anatomistes*, 16e série, page 275. Paris, 21-23 mars 1921.)

Benoit Gonin et Laffitte-Dupont. — Destinée du canal semi-circulaire externe dans le passage de la station quadru-

pède à la station debout. (*Société de Biologie*, Bordeaux, 1907, tome 72-2 des comptes-rendus.)

Blumenbach. — De generis humani varietate natura. Sect. III, § 61 et tab. III. (Gottingue 1795).

Bonnier. — L'oreille, Anatomie, Physiologie, Pathologie. Masson, éd., Paris 1896.

— Le sens des attitudes (Naud, éd., Paris, 1904).

Boule. — Les hommes fossiles. (Masson, Paris, 1921).

Bourguet. — Anatomie chirurgicale du labyrinthe. Thèse de Toulouse 1904-05, N° 620.

Bourgery. — Traité complet de l'anatomie de l'homme, comprenant la médecine opératoire. Paris, Delaunay, 1832, 54.

Bourne. — Comparative Anatomy of Animals. Vol. I et II. London (Bell and Sons, L. T. D.), 1912.

Boyer (Alexis). — Traité complet d'anatomie. Paris (Chez l'auteur et chez Migneret). An VII.

Breschet. — Mémoire sur l'organe de l'ouïe des Poissons. Académie royale des Sciences de l'Institut, tome V. (Savants Etrangers), 1833.

— Mémoire sur l'organe de l'ouïe chez l'homme et les animaux vertébrés. Mémoires de l'Académie royale de Médecine. (Savants Etrangers), 1836.

— Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouïe dans les oiseaux. (*Annales des Sciences naturelles*. Seconde série, tome V, Zoologie, 1836). Paris, chez Crochard.

Broca. — Sur la classification et la nomenclature craniologiques d'après les indices céphaliques. (*Revue d'anthropologie*, T. I, 1872, pages 385-423).

— Quelques subdivisions des groupes basées sur l'indice céphalique. Crânes eurycéphales, brachistocéphales, megistocéphales et sténocéphales. (*Revue d'Anthropologie*, 2e série, T. IV, p. 18).

Broca. Sur le plan horizontal de la tête et sur la méthode trigonométrique. (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, t. VIII, 1873, pages 48-96).

— Nouvelles recherches sur le plan horizontal de la tête et sur le degré d'inclinaison des divers plans crâniens. (*Bulletins de la Société d'Anthropologie*, 2e série, to- VIII, 1873, p. 542-563).

— Quelques résultats de la détermination trigonométrique des angles alvéolo-condylien et bi-orbitaire. (*Bulletins de la Société d'Anthropologie*, 2e série, tome VIII, 1873, p. 150-179).

— Sur l'angle orbito-occipital. (*Revue d'Anthropologie*, t. VI, 1877, p. 335-342).

— Sur l'angle orbito-occipital. (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 2e série, tome XII, 1877, p. 325-333).

— Sur la direction du trou occipital. Description du niveau occipital et du goniomètre occipital. (*Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 2e série, tome VII, 1872, p. 649-668).

— Sur l'angle de Daubenton en anthropologie. (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Bordeaux. Séance du 11 septembre 1872, pages 742 à 747).

— Recherches sur la direction du trou occipital et sur les angles occipitaux et basilaire. (*Revue d'Anthropologie*, t. II, 1873, p. 193-234).

— Sur la projection de la tête. (*Bulletin de la Société Anthropologique*, 1re série, tome III, p. 518, 1862).

Busk. — Transactions of the Ethnological Society, New Series, vol. I, p. 347. Londres 1861.

Budin. — Considérations sur la forme du crâne au moment de la naissance et pendant la première semaine après. (*Bulletins de la Société d'Anthropologie*, Paris 1876).

Camper. — Mémoire sur l'organe de l'ouïe des poissons. (*Acadé-*

mie royale des Sciences, Savants étrangers, tome VI, p. 177).

Cassebohm. — Disp. anat. de aure interna. Halae 1734.

Casseruis. — De vocis auditusque hominis, 1600.

Cannieu et Gentès. — *Gazette hebdomadaire des Sciences médicales de Bordeaux*, 1900, tomes 21 et 22.

Chatin. — Les organes des sens dans la série animale. Leçons d'anatomie et de physiologies comparées faites à la Sorbonne en 1880.

Chauveau et Arlering. — Traité d'anatomie comparée des animaux domestiques, 3e édition. Baillière, 1877-79.

Claus. — Traité de zoologie conforme à l'état présent de la science. Traduit de l'allemand sur la 3e édition allemande par G. Moquin-Tandon, Paris (Savy), 1878.

Conte. — Recherches sur les variations des condyles de l'occipital chez l'homme adulte. Thèse de Bordeaux, 1933.

Coyne. — Anatomie et développement des parties molles de l'oreille interne. (Masson, Paris 1876).

Cruveilhier (J.). — Traité d'anatomie descriptive, 3e édition, Paris (Labé, éd.), 1851-52).

Cuvier. — Leçons d'anatomie comparée, tome I, Paris (Baudoin, éd.), an VIII.

Daubenton. — Sur la différence de situation du grand trou occipital chez l'homme et les animaux. (*Comptes-rendus à l'Académie des Sciences*, 1764).

Du Verney. — Traité sur l'organe de l'ouïe. Paris (Michallet, éd.), 1683.

— Traité de l'organe de l'ouïe. Nouvelle édition, à Leyde, chez Joh. Langerak, 1731.

De Cyon. — Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la notion de la formation de l'espace. Thèse de Paris, 1878.

— L'oreille, organe d'orientation dans le temps et dans l'espace. Paris (Alcan, éd.), 1911.

DELAGE. — Pourquoi les canaux semi-circulaires sont disposés comme ils le sont. (*Bulletin de la Société Zoologique de France*, n° 8, 9, 10, Paris 1900).

DELOBEL. — Iconographie topographique de l'oreille chez le nouveau-né. Thèse de Paris, 1903.

EUSTACHIUS. — Epistola de organis auditus, 1563.

EWALD. — Pflüger's Archiv. F. d. Gesam. Physiol. (Bd. LX-LZ, p. 463-483).

FALLOPE. — Observationes anatomicae, 1562.

GÉRARD. — Manuel d'anatomie humaine. Paris (Steinheil, éd.), 1912.

GIRARD. — Essai d'anatomie chirurgicale du labyrinthe. (*Annales internationales d'otologie et de rhinologie*, tome 31, 1911).

— Atlas d'anatomie chirurgicale du labyrinthe, 1911.

GELLÉ. — L'audition et ses organes. Paris (Alcan, éd.), 1899.

GEGENBAUR. — Traité d'anatomie humaine, traduit par Ch. Julien. Paris (Reinwald, éd.), 1899.

— Traité d'anatomie comparée, 1874.

GIBSON (W.). — Dissert. inaug. de forma ossium gentilitia, p. 25. Edimbourg, 1809.

GEOFFROY. — Dissertation sur l'organe de l'ouïe de l'homme, des reptiles et des poissons. (Amsterdam, 1778).

HALLER. — Elementa physiologiae corporis humani. (Traduit par Bordenave), 1759.

HEISTER. — Anatomie. (Ed. chez Vincent), 1753.

HUNTER. — Account of the organ of hearing in Fishes. (Philosophical Transactions), 1752.

HERTWIG. — Traité d'embryologie ou histoire du développement de l'homme et des vertébrés. 2e édition française par Charles Julin. Paris (chez Schleicher), 1904.

HELMOLTZ. — Handbuch der physiologischen Optik z. Aufl. Hamburg und Leipzig. Voss. 1886-1896.

Kôlliker. — Embryologie ou traité complet du développement de l'homme et des animaux supérieurs. (Traduction faite sur la 2e édition allemande par Aimé Schneider). Paris (Reinwald, éd.), 1882.

Laudenbach. — *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 15 septembre 1896.

Monro. — Structure and Physiology of Fishes explained and compared with these of man and other animals. (Edimbourg, 1785).

Merey (Jean). — Description de l'oreille. 1687.

Milne-Edwards. — Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparées de l'homme et des animaux, tome XII.

Meckel. — Manuel d'anatomie (traduit par Jourdan et Breschet), Paris, chez J.-B. Baillière, 1825.

Owen. — On the anatomy of vertebrates. Londres (Longman, Green and C°), 1866-68.

Palfin. — Anatomie chirurgicale. Paris (Cavelier, éd., nouvelle édition par Bondon), 1734.

Portal. — Histoire de l'Anatomie et de la Chirurgie. Paris (Didot, éd.), 1770-73.

Papillault. — Le trasnformisme et la crâniologie. (*La Revue Scientifique*, 1897).

— Etude morphologique de la base du crâne. (*Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris*), 1898.

Prenant. — Eléments d'embryologie de l'Homme et des Vertébrés. Paris (G. Steinheil), 1896.

Poirier et Charpy. — Traité d'anatomie humaine. 4e édition. Paris (Masson, éd.), 1931.

Perez (Fernando). — Crâniologie vestibienne, ethnique et zoologique. (*Bulletin et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*), 1922.

Rendu. — De la trépanation du labyrinthe dans les labyrinthites chroniques. Thèse de Paris, 1909-10, N° 91.

ROUVIÈRE. — Anatomie humaine descriptive et topographique. Paris (Masson, éd.), 1924.

SCARPA. — Anatomie de l'organe de l'ouïe et de l'odorat (Extrait par E. Gintrac).

SAPPEY. — Traité d'Anatomie. Paris (Delahaye, éd.), 2e, 3e et 4e éditions, 1867-1889.

TESTUT. — Traité d'Anatomie humaine, 8e édition, revue par Latarjet. Paris (Doin, éd.), 1931.

TESTUT et JACOB. — Traite d'Anatomie topographique avec application médico-chirurgicales. 4e édition. Paris (Doin, éd.), 1921.

TOPINARD. — La transformation du crâne animal en crâne humain. (*L'Anthropologie*, 1891).

VÉSALE. — De humani corporis fabrica, 1542.

VALSALVA. — De aure humana tractatus. (Van de Wath, 1707).

VIEUSSENS. — Traité nouveau de la structure de l'oreille.

VILLEMIN et Jean BEAUVIEUX. — Recherches sur la topographie des canaux semi-circulaires et de leurs ampoules chez les Vertébrés. (Réunion biologique de Bordeaux, 17 janvier 1934).

VRÔLIK. — Die Verknôchenung der Schâfenbeines der Sâugetiere. *Niederland Arch. fur Zool.*, V, I, 1873.

WINSLOW. — Structure du corps humain. Paris (Desprez et Dessessartz), 1732.

WIEDERSHEIM. — Anatomie comparée des vertébrés (traduit de la 2e édition allemande par G. Moquet-Tandon), 1890.

Imprimerie Bruseau Frères, 143, rue d'Arès, Bordeaux

ERRATA

PAGE 11, LIGNE 1, *lire* : des méthodes..., *au lieu de* : des études...

PAGE 18, LIGNE 10, *lire :* le plan du canal antérieur et celui... *au lieu de :* le canal antérieur et celui...

PAGE 42, LIGNE 23, *lire* : Ewald, *au lieu de :* Edwald.

PAGE 86, LIGNE 6, *lire* : — 6, *au lieu de* : 6.

PAGE 89, LIGNE 17, *lire* : avec lui un angle, *au lieu de* : lui un angle.